LEZIONI
D' ASTRONOMIA

PROFESSATE

ALL' OSSERVATORIO REALE

Dal signor Arago

MEMBRO DELL' ISTITUTO

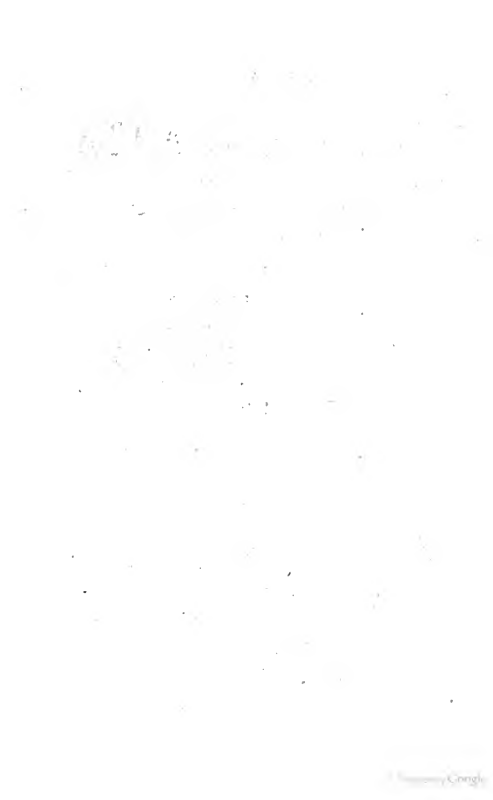
NUOVA EDIZIONE

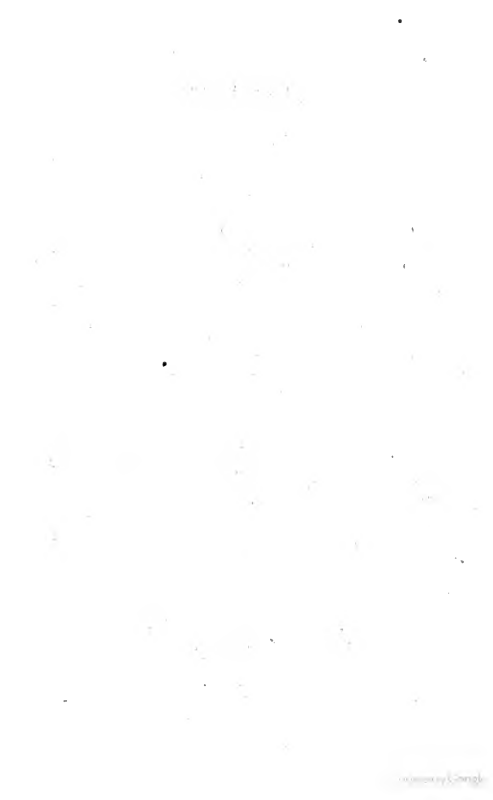
AUMENTATA DELLE SUE ULTIME LEZIONI,
CON NOVELLE VEDUTE SULLE COMETE, GLI AEROLITI, EC.
ACCOMPAGNATA DA 2 TAVOLE IN RAME

VOLTATA IN ITALIANO PER
L. L. G.

NAPOLI

Presso Vincenzo Puzziello Libraio-Editore
Strada Toledo n. 346.

1850

PREFAZIONE

Ecco la terza edizione delle *Lezioni d'Astronomia* per noi pubblicate alcuni mesi fa. Nulla abbiam trasandato per renderla ancor più degna del favore che incontrò la prima. Epperò, avendo nel corso di quest'anno ricevuta per nuove quistioni, per digressioni d'alto rilievo, per più estesi sviluppi una novella fisonomia, abbiam posta ogni cura in riprodurla fedelmente. Nella prefazione della prima edizione di quest'opera facevam conoscere il posto che occupa in oggi l'astronomia, e perchè questa scienza sia rimasta fino al presente di esclusiva appartenenza de' dotti: la ragione che ne adducemmo si fu che i libri, riboccanti di difficoltà, ne rendean l'accesso impossibile a' poco versati nelle matematiche. Laonde bisognava far un'opera per la capacità di tutte le intelligenze, dandole una forma elementare, senza scapito alcuno della sostanza; ma non era dato salvochè al Sig. ARAGO, a questo celebre interprete degli astri, di risolver così mirabilmente un tanto difficile problema. Da ultimo, desiderosi di contribuir quanto è in noi a popolarizzare una scienza ancor troppo ignorata, e bramando segnatamente appagare le numerose domande che ne si indiriggono da' collegi, abbiam voluto rendere quest'edizione classica. La tenuità del prezzo e massime la chiarezza delle descrizioni rendon le lezioni del Sig. ARAGO un'opera alla portata di tutte le classi.

LEZIONI

D'ASTRONOMIA

Prima lezione

Degli istrumenti astronomici

Innanzi d'entrar nel dominio dell'astronomia propriamente detta, è importante conoscere gl'istrumenti che l'ottica à forniti a questa scienza e che le àn fatto far di sì gran passi, istrumenti li cui potere à ampliata la sfera d'attività dei nostri organi al punto da mettere al di qua de' nostri limiti le leggi reggitrici dell'universo. Lo studio di essi strumenti sarà l'obbietto di questa prima lezione.

Poichè la costruzion de' telescopi si fonda sulla riflessione della luce e quella de' cannocchiali sulla rifrazione, studiamo in prima queste due importanti proprietà del fluido luminoso.

Leggi generali della riflessione della luce.

Se si fa cadere obbliquamente un fascio di luce solare sopra una superficie levigata, avvertonsi i seguenti fenomeni.

1.° Una parte del fascio luminoso è riflessa sotto una certa direzione, e, se si adatti l'occhio su questa direzione, vedesi un'immagine del sole nel prolungamento del raggio riflesso.

2.° Il punto in cui il raggio incidente incontra la superficie levigata è visibile in tutte le direzioni; ma appare incomparabilmente men luminoso, che se lo si guardi sotto la direzione del raggio riflesso; la sola la quale dia un'immagine regolare del sole.

3.° Una porzione della luce incidente sfugge alla riflessione, e o traversa, secondo leggi che determineremo, la sostanza della lamina quand'essa sia diafana, ovvero, se questa è opaca, quella porzion di luce viene assorbita.

Sicchè ànnosi tre fenomeni ben distinti: una parte della luce incidente è riflessa regolarmente, seguendo una direzione speciale; un' altra parte è riflessa indifferentemente da ogni banda e diffusa come se il corpo non fosse levigato; il resto finalmente passa o viene assorbito.

Ma qual è la direzione seguita dalla porzione di luce regolarmente riflessa? Si trova:

1.° *Che il raggio incidenteed il raggio riflesso son compresi in un medesimo piano perpendicolare alla superficie riflettente;*

2.° *Che il raggio incidente ed il raggio riflesso forman sempre con la superficie riflettente angoli eguali*, ovvero che *l'angolo di riflessione e l'angolo d'incidenza sono eguali*,

Cotali son le due leggi generali della riflessione: esse ci spiegheranno agevolmente la formazione delle immagini per questa via.

Prendiamo innanzi tratto uno specchio piano. Sia, fig. 1, tav. 1, S un punto raggiante, O l'occhio di un osservatore, ed AB il piano di riflessione. Tra tutt'i raggi luminosi emananti da S, ce ne avrà uno, come SI il quale, dopo essersi riflesso sullo specchio, andrà a incontrar l'occhio in O giusta la direzione IO facendo così l'angolo d'incidenza uguale all'angolo di riflessione. Meniamo dal punto raggiante S una perpendicolare SA che incontri in A la superficie riflettente; prolunghiamo questa perpendicolare verso l'altra parte dello specchio di una quan-

tità AD=SA: poi dal punto D meniamo la linea DO diretta verso l'occhio; DO sarà la direzione del raggio riflesso, e il punto I, nel quale essa taglia la superficie dello specchio, sarà il punto d'incidenza. Inoltre, se l'oggetto luminoso e l'occhio soppongansi de'punti matematici senza estensione sensibile, il raggio determinato dalla regola precedente è il solo che esser possa riflesso verso l'occhio.

Ma l'apertura della pupilla che accoglie i raggi nell'occhio non è mica un punto matematico; sibbene è uno spazio il quale, nell'uomo, à intorno a due millimetri di diametro e che possiam rappresentare con LL, fig. 2. Tutti i raggi riflessi ch'entrar potranno in quest'apertura giungeran dunque sino alla retina e contribuiranno alla visione. Or ciascun di essi si determina mediante la stessa costruzione che testè abbiamo adoperata; dal che è evidente ch'essi formeranno un cono a base circolare il cui vertice sarà D e la base LL. Gli è un fatto che l'occhio, quando può liberamente valutar la distanza de'punti luminosi, li suppone nel punto onde divergono i raggi che essi gli tramandano. Così, essendo l'occhio posto in O, il punto luminoso veduto per riflessione apparirà in D, val dire tanto dietro dello specchio per quanto gli sta realmente davanti.

Se l'oggetto raggiante à una certa estensione, ciascun de' punti raggianti che li compongono farà la sua immagine a parte secondo le leggi che abbiamo spiegate, e il complesso di siffatte immagini comporrà quella dell'obbietto. Supponiamo, ad esempio, che questo sia una freccia SS, fig. 3, la base della freccia farà la sua immagine in D, il punto S¹ farà la sua in D¹ e i punti intermedi daran la loro sulla retta DD. Onde l'immagine intera sarà compresa tra'pennelli riflessi estremi DO, D¹O; la sua grandezza assoluta DD¹ sarà=SS¹, cioè a quella di esso l'obbietto, se non che parrà rovesciata da destra a mancina.

Ciò che precede basterà a risolvere tutte le quistioni che si può proporsi relativamente alla riflession della luce ed alla visione degli oggetti per mezzo di specchi piani.

Quanto alle superficie curve, quale che sia d'altronde la lor figura, per determinare in generale il luogo apparente, la forma e la grandezza delle immagini che esse riflettono, è sufficiente di concepir la riflessione di ciascun raggio luminoso come operantesi sul piano tangente alla superficie nel punto d'incidenza. Ma, negli usi pratici, è inutile elevarsi a questa generalità, chè mai non vi s'impiegano se non degli specchi sferici concavi e convessi, i soli che possansi lavorare e forbir con esattezza; ed anzi, per ottenerne immagini nette, convien che i raggi luminosi cadano quasi perpendicolari sulla lor superficie. Di tal che ci limiteremo alla disamina di questo sol caso.

Supponiam dunque nello spazio un punto luminoso lanciante i suoi raggi sulle diverse parti d'una superficie sferica qualunque, concava o convessa, e, isolando un d'essi, cerchiamo determinar la direzione secondo la quale si rifletterà.

Sia MAM¹, fig. 4, lo specchio sferico, S il punto luminoso ed SI il raggio incidente che noi consideriamo. Dal punto I nel centro della sfera, meniam la normale IC e prendiamo l'angolo CIR=CIS; IR sarà la direzione del raggio riflesso.

Se si ripete la stessa costruzione per tutti i raggi incidenti emanati da S, si trova, con le linee come col calcolo, che i raggi riflessi passeranno molto presso gli uni agli altri in un piccolo spazio che dicesi il *foco*, per formarvi con la lor concentrazione un'immagine del punto S. E ciò vien confermato dall'esperienza.

Un ragionamento e una costruzione analoghi farebbero vedere come la immagine prodotta da uno specchio convesso è sempre ideale e formasi al di là dello specchio, di sorta che si può semplicemente vederla a occhio nudo, non però realizzarla sur un cristallo smerigliato o sopra una lamina opaca.

Leggi generali della rifrazione della luce.

Abbiam veduto come si comporta la porzion del raggio luminoso che si riflette alla superficie de'corpi; seguiamo ora quella che attraversa la loro sostanza.

Questa, allorchè l'incidenza è obbliqua non continua altrimenti il suo cammino in linea retta, ma devia dalla sua direzione. Un tal fenomeno è quello che si denomina *la rifrazione della luce*.

Tutte le volte che un raggio luminoso passa obbliquamente da un mezzo in un altro, si rifrange, e l'estensione della deviazione dipende dalla differenza che esiste fra la densità e la natura de'due mezzi. In tutti i corpi non cristallizzati il raggio rifratto è semplice e segue il prolungamento del piano d'incidenza. Esso s'appressa o si discosta dalla normale alla superficie comune de'due mezzi, secondo che passa dal più denso nel meno o viceversa.

Resta a determinare il rapporto che esiste, per ciascun'incidenza, fra la obbliquità del raggio incidente sulla normale e quella del raggio rifratto, affine di potere, conosciuta l'una di tali direzioni, calcolar l'altra. Si perviene alle due leggi seguenti scoperte da Descartes.

1°. *Il raggio incidente e il raggio riflesso son sempre compresi in uno stesso piano, normale alla superficie comune dei due mezzi.*

2°. *Il seno dell'angolo di rifrazione sta al seno dell'angolo d'incidenza in un rapporto costante sotto tutte le incidenze per gli stessi mezzi.* Gli è ciò che si chiama il *rapporto di rifrazione.*

L'atto della rifrazione è mai sempre accompagnato da un fenomeno notabile. Il raggio rifratto si decompone in raggi di differenti colori, la cui refrangibilità va aumentando dal raggio rosso, nel quale è al suo minimum, al raggio violetto, ove tocca al suo maximum. Gli è il fenomeno della *dispersione della luce.*

All'infuori de' sette colori prismatici, l'esperienze rilevano ancora nel raggio rifratto de' raggi calorifici, la cui intensità va crescendo a partir dal raggio violetto sin oltre al rosso, e de' raggi chimici, l'intensità de' quali segue un cammino diametralmente opposto, cioè che è al suo minimum nel raggio rosso e il suo maximum è al di là del raggio violetto (1).

Delle lenti.

Allorquando un raggio luminoso è ricevuto sur un prisma di cristallo, si rifrange e si approssima alla base del prisma, conformandosi del rimanente alle leggi per noi esposte. Or si può concepir un sistema, un aggregato di prismi tagliati e disposti in guisa tale che i raggi da essi rifratti concorrano a un punto stesso. Si vede a bella prima di quanto momento sarebbe di poter siffattamente concentrare un gran novero di raggi luminosi. Ma la difficoltà di costruire con sufficiente precisione un simigliante apparato avrebbe opposto di gravi ostacoli a' progressi della scienza, se per una ventura inattesa non si fosse trovato bello e fatto nelle lenti sferiche, le quali non sono altra cosa che un aggregato di prismi, e la cui esecuzione ottiensi con esattezza e facilità.

Se ne distinguono di più specie:

(1) *Il massimo di azion chimica non pare che stia al di là del violetto, secondo alcune sperienze del Melloni.* V. le note del Palmieri al Pouillet. t. 2.

1.° Lente convesso-convessa, fig. 5. La somiglianza di questa sorta di lente con una lenticchia gliene à fatto dare il nome, il quale si è esteso a tutti gli altri vetri sferici;

2.° Piano-convessa, fig. 6.

3.° Concavo-convessa, fig. 7 e 8.

4.° Piano-concava, fig. 9.

5.° Concavo-concava, fig. 10.

Tutte queste forme di vetri sferici posson distribuirsi in due ordini a seconda che la base o il vertice de' prismi è volto verso l'asse della lente; e, stantechè la rifrazione si fa mai sempre verso la base del prisma, i primi faran convergere e i secondi divergere i raggi luminosi che cadon parallelamente sulle lor superficie: di qui è che gli uni diconsi *lenti convergenti* e gli altri *lenti divergenti.*

Si sa in qual modo siffatte lenti vengono in soccorso delle viste troppo lunghe o troppo corte, emendando la convergenza dell'occhio soverchiamente debole ne' presbiti e soverchiamente forte ne' miopi: non è nostro obbietto di fermarvici.

Facciam cadere un fascio di raggi paralleli sopra una lente convessa ed esaminiamo più dappresso il fenomeno, fig. 11. Tra' raggi incidenti avvene uno il qual coincide coll'asse della lente, e l'attraversa senza rifrangersi. Ma così non è degli altri: questi van soggetti a una rifrazione tanto più forte quanto più dall'asse si dilungano, per modo che vengon tutti a convergere al medesimo punto F. Questo punto appellasi il foco della lente. È manifesto come a misura che la convessità della lente sarà maggiore, la rifrazione sarà più forte e segnentemente il foco sarà più avvicinato.

Reciprocamente, se, pervenuti al foco F, i raggi luminosi ritornino indietro sulla stessa linea, ei saran rifratti dalla lente ed usciran tutti paralleli: onde si à questa notabile conseguenza che, se dal foco d'una lente vengon diretti de' raggi luminosi su tutt'i punti della superficie di lei, essi formano alla loro emersione un fascio parallelo.

Questa proprietà delle lenti à fatto nascere un apparato utilissimo, giacchè serve essa di base alla costruzione de' fari, i quali altro non sono che un aggregato di quattro lenti, nel cui foco comune è situato un fanale. I raggi luminosi che parton da questo, venendo all'uscir dalle lenti riuniti in fasci paralleli e non indebolendosi per la dispersione, non perdono della loro intensione tranne ciò ch'è assorbito dall'imperfetta trasparenza dell'atmosfera, e possono così illuminare i punti più lontani dell'orizzonte. Ma, siccome

me il diametro di cotali fasci luminosi è necessariamente circoscritto, e, malgrado l'eccentricità del fanale, la sua luce non rischiara ad un tempo stesso se non una parte dell'orizzonte, si è immaginato, per portarla successivamente su tutt'i punti, di far girare il faro sopra sè medesimo in un tempo noto e il quale, variando per ciascun faro, serve a far distinguere gli uni dagli altri. Sicchè quest'utile apparecchio non solo ammonisce il navigante dell'avvicinarsi della spiaggia, sì gl'indica inoltre col suo modo di rotazione il luogo in cui si trova.

Un'altra proprietà delle lenti si è di ingrandire le immagini degli obbietti. Rammentiamoci, le dimensioni apparenti di un corpo dipender dall'angolo sotto cui lo si vede, e quest'angolo variare in ragion inversa della distanza dall'obbietto all'occhio dell'osservatore. Da che segue che, a voler vedere un obbietto con grandi dimensioni, sarebbe bastevole porlo vicinissimo all'occhio, se la visione potesse allora operarsi senza confusione; ma la divergenza de' raggi rende l'immagine confusa. Per rimediarvi, guardiam l'oggetto con una lente convergente. Il parallelismo de' raggi permetterà all'occhio d'appressarsi quanto vorrà, e la immagine dell'oggetto apparirà sotto un angolo eguale a quello sotto il quale l'oggetto apparirebbe alla vista nuda, se la visione potesse aver luogo direttamente a una sì tenue distanza. Da ciò si vede che la forza d'ingrandimento d'una lente è tanto maggiore per quanto la sua distanza focale è più piccola.

Nell'esperienza di cui dicevamo, l'idea che noi ci formiamo della grandezza reale dell'oggetto è determinata dall'angolo sotto cui questo si vede, senza che possiam modificarla con veruna sperienza anticipata intorno ai rapporti delle distanze cogli angoli visuali. Non avviene altrettanto nell'atto ordinario della visione, chè nel giudizio che noi facciamo della grandezza degli oggetti v'entran due cose, l'angolo sotto cui li vediamo e la distanza alla quale li supponiamo. Per tal modo giudichiamo noi molto bene della statura di due uomini posti a distanze disuguali da noi, e per conseguenza veduti sotto angoli diversi, perchè noi teniam conto della distanza. E tanto è ciò vero che questo abito involontario a tener un conto rigoroso della distanza c'induce in fallo sulle dimensioni reali dell'obbietto, allorchè c'inganniamo sulla distanza. Quindi è che gli oggetti che noi guardiamo co' cannocchiali da teatro non ci paion punto ingranditi dachè li crediamo più vicini, e intanto i cannocchiali di quella sorta ingrandiscono due o tre volte, come si può convincersene guardando il medesimo obbietto con un occhio nel cannocchiale e l'altro nudo. Ecco un' altra esperienza. Situate un oggetto sur un piano orizzontale e mettete li vostro occhio nel prolungamento di questo piano, poi guardate l'obbietto sospingendo un po' col dito la palpebra inferiore per forma da veder due immagini: quella che è più prossima vi parrà più piccola dell'altra e sembreravvi diminuire a misura che più s'accosterà. E ciò che prova esser unicamente la distanza supposta che vi fa formar questo giudizio intorno alla grandezza rispettiva delle immagini, si è ch'elle vi appariranno d'ugual grandezza quando avrete posto l'obbietto sopra un piano verticale di guisa da ottener queste due immagini l'una sotto l'altra.

Ma ritorniamo alle lenti. Noi abbiam visto secondo quali leggi si rifrange un fascio di raggi paralleli; vediamo come si rifrangeranno i raggi emanati da' diversi punti d'un obbietto. Sia AB, fig. 12, un oggetto illuminato. Egli è evidente che da ciascun punto di quest'oggetto partirà un fascio luminoso il cui punto di convergenza si troverà in qualche parte del prolungamento di quello tra' raggi di esso fascio, il quale, imbattutosi in due facce parallele, non à mica sofferto rifrazione. Il punto A si distinguerà così in A, il punto B in B, ed i punti intermedi sulla linea che congiunge A e B, e, se si fan cader questi raggi sovra un foglio di carta o un vetro opaco, vedrassi un'immagine rovesciata dell'oggetto AB.

Abbiam veduto precedentemente che un raggio di luce solare rifratto decomponsi in raggi di diversi colori. Questa scomposizione colora le immagini e le rende confuse. Un tale inconveniente è sì grave che Newton, non trovandovi rimedio, stimò doversi bandire affatto l'uso dei cannocchiali per le operazioni astronomiche; ma fortunatamente si è rinvenuto dipoi il mezzo di riparare a sconcio siffatto. Cotal mezzo consiste a riunir delle lenti di sostanze che, nell'atto disperdono egualmente la luce, tuttavolta disugualmente la rifrangono. Il *crownglass* e il *flintglass* soddisfano a queste condizioni, e col combinare nelle debite proporzioni queste due qualità di vetri si è pervenuto a ottener gli obbiettivi acromatici de' quali si fa uso al dì d'oggi.

—

De' cannocchiali e de' telescopi.

I cannocchiali astronomici possono risguardarsi come essenzialmente composti di due lenti. L'una che si denomina l'*obbiettivo*, riceve i raggi luminosi che vengono dall'obbietto e ne forma un'immagine nel suo foco; l'altro che l'*oculare* si denomina, si alloga vicino all'occhio e serve a guardar quell' immagine. L'ingrandimento in questa specie di cannocchiali provien da due cagioni: l'immagine formata nel foco è già ingrandita quando la si guarda a occhio nudo, non ponendosi lo spettatore più lungi di otto a dieci pollici da lei, distanza assai minore di quella che separa la lente dal foco, il che fa ch'ei la vegga sotto un angolo più largo; ma il suo ingrandimento è prodotto massimamente dall'oculare, il quale è una lente la cui distanza focale è cortissima. I cannocchiali astronomici son potentissimi; ve n'à di tali che ingrandiscono sino a mille volte gli oggetti.

I telescopi si compongono d'uno specchio metallico forbito nel cui foco si disegna l'immagine per via di riflessione. Ma, come questa immagine non può vedersi attraverso il riflettitore, si adopera un piccolo specchio che la proietti lateralmente ovvero dietro il riflettitore per entro a una piccola apertura all'uopo praticata. L'inconveniente di questa duplice riflessione è d'affievolir considerabilmente la luce, chè si sa come il più forbito specchio non riflette oltre alla metà della luce incidente. Laonde, a dimensioni eguali, un telescopio à un quarto soltanto del potere amplificativo d'un cannocchiale, mercechè la rifrazione non indebolisce sensibilmente la luce.

Affine di misurar l' altezza degli astri e per una moltitudine d'altre operazioni i cannocchiali portano nel loro campo de' fili metallici variamente disposti e di una sottigliezza estrema, molto maggiore di quella de' fili di ragno. Ingegnoso è il processo, mediante il quale si ottengono. Questi fili, che son di platino, vengono in prima assottigliati alla filiera sino al punto massimo cui l'operazione può arrivare; indi si pongon ne' cilindri in cui si fonde l'argento, venendo così a formar l'asse di questi cilindri d'argento i quali, passati anch'essi per la trafila, son ridotti in fili. Il platino s'è attenuato in proporzione; e, per isceverarlo, immergesi il tutto nell'acido nitrico, il quale scioglie l'argento senza agir sul platino.

Conformazione dell' occhio.

Porremo termine a questa prima lezione con lo studio dell'organo della vista, il più maraviglioso tra gl'istrumenti d'ottica. Nell'uomo quest'organo è formato di diversi mezzi diafani, le cui curvature e le forze rifrattive son combinate per tal fatta da correggere le aberrazioni di sfericità e di refrangibilità. Le immagini si formano sopra una membrana nervosa, che tappezza il fondo dell'occhio e trasmette al cervello le sensazioni che essa prova.

Quest'organo costa di tre mezzi che differiscon di forma e di poter rifrattivo. Il primo è un menisco convesso-concavo, ripieno d'un liquido diafano simile apparentemente all'acqua e per tal ragione detto umore acqueo. Vien poscia un corpo solido, diafano, che à la forma di una lente convergente e che si chiama il *cristallino*. Esso è più schiacciato avanti che indietro e lo divîene vie maggiormente con l'età. Da ultimo in tutta la cavità posteriore trovasi un liquido viscoso, simigliante a vetro fuso e che però si nomina l'*umor vitreo*. L'inviluppo contenente tutto questo sistema può considerarsi formato dal prolungamento e dall'estensione de' tegumenti del nervo ottico. Il tegumento più esterno dà origine all'involucro, il quale è duro, opaco, ma pertanto flessibile come corno, per la qual ragione si è appellato *sclerotica* o *cornea opaca*. Ma, giungendo avanti all'occhio, questa membrana s'impiccolisce e divien diafana come un cristallo d' orologio, il che era necessario onde potesse dar passaggio alla luce: allora piglia il nome di *cornea trasparente*. Quivi è ricoperta al di fuori dalla pelle diventata di un' estrema tenuità. Il secondo involucro del nervo ottico si spande sotto il precedente e forma uno strato chiamato *coroide* il quale è spalmato d'un liquor nero; chè, al modo stesso che noi anneriamo l'interno de' tubi de' nostri cannocchiali, del pari conveniva che l' interno del nostro occhio fosse annerito, ad evitar la confusione che sarebbe risultata dalle riflessioni moltiplicate de' raggi. Finalmente la porzione interiore e midollare del nervo ottico, dilatandosi alla sua volta come le precedenti, forma una membrana nervosa d'un grigio bianchiccio che s'applica sulla coroide e dicesi *retina*. Si presume che su di essa si operi la sensazione.

Ora è agevole il vedere come segue l'atto della visione. I raggi emanati dagli

obbietti esterni cadono sulla cornea trasparente, attraversano l'umor acqueo, il cristallino, l'umor vitreo, e vanno a concentrarsi sulla retina, nel foco dello strumento ove formano una piccola immagine rovescia. Questo risultamento si verifica su degli occhi d'uomini o d'animali svelti poco dopo la morte. Se difatti s'impiccolisca la parte superiore della sclerotica e pongasi avanti l'occhio, a una distanza convenevole, un obbietto luminoso, si vede, guardando per di dietro, formarsi sul fondo dell'occhio un'immagine ben distinta di quello, la quale varia in ragione inversa della distanza.

Negli strumenti d'ottica la visione non s'opera con nettezza a distanze ineguali, se non alla condizione di variar proporzionalmente le lunghezze focali del cannocchiale. Per qual simigliante meccanismo questa condizione si trova ella soddisfatta nell'occhio, ove la visione à luogo egualmente bene a distanze differentissime? Dappoichè ciò che prova accader nell'occhio alcuna cosa d'analogo alla variazione delle distanze focali nello strumento si è che fa mestieri di certo tempo e anche di certo sforzo all'occhio per variar così la sua portata, conforme si può assicurarsene ponendo un piccolo oggetto, un capello a mo' d'esempio, a lieve distanza dall'occhio, cotalchè si proietti sur un altro obbietto più lontano; egli è impossibile di veder distintamente ambi gli obbietti a una volta, e l'occhio è obbligato passar alternamente dall'uno all'altro. L'anatomia s'è studiata indarno di scovrire per qual meccanismo giunga quest'organo a variar sì fattamente i suoi effetti. Erasi supposto da prima, che la parte anteriore della cornea potesse a volontà prendere una forma più concava o più convessa, o bene che la retina aver potesse la facilità di appressarsi o allontanarsi d'un poco, per seguire il foco ne'suoi cangiamenti di sito; ma degli sperimenti precisi àn dimostrata la falsità di tali due ipotesi. Riman dunque che sia il cristallino il quale produca il fenomeno; e noi siam di credere, anche non venendoci fatto di conciliar questa veduta co'dati dell'anatomia, al cristallino andar l'occhio debitore di veder con distintezza a distanze disuguali, chè, perdendo il cristallino, egli perde cotal facoltà. Di qui è che le persone le quali àn soggiaciuto all'operazione della cataratta (si sa che quest'operazione consiste in isvellere il cristallino, quando à perduta la sua trasparenza) non vedon bene che a una distanza data: distanza che è grande come pei presbiti.

Ma in qual guisa quest'atto della visione origina egli la sensazione? Ciò s'ignora; tutto quel che si sà è che l'impressione prodotta sulla retina vien trasmessa al cervello mediante il nervo ottico. Movendo da questo punto, Mariotte avea opinato, che quanto più la immagine si avvicinasse al luogo dove il nervo viene a spandersi in sulla retina, tanto la sensazione sarebbe più viva, e che attingerebbe il suo maximum d'intensione, allorquando si formasse sovr'esso il punto ove il nervo viene a metter capo. L'esperienza però gli ebbe dato un risultamento diametralmente opposto; dach' ei riconobbe, mercè un processo semplicissimo, che questo punto della retina è insensibile, e che un obbietto addiventa invisibile tostochè altri situasi in modo da farne cader su quello la immagine.

L'asse dell'occhio, val dire la direzione nella quale noi guardiamo abitualmente, non è già quella in cui meglio veggiamo gli obbietti. La parte della retina che vi corrisponde è come cornificata dall'uso; indi men sensibile delle parti vicine. Per lo che si discerne assai meglio un oggetto guardando un po' di sbieco che guardando direttamente. Ecco perchè gli astronomi dicono, che per veder una stella non s'à a guardarla, intendendo che la vien veduta meglio mirando al luogo prossimo a quella da essa occupato.

La sensazione prodotta sulla retina dai raggi luminosi à qualche durata; e ciò fa che un carbone ardente che si agiti rapido in giro sembra un cerchio luminoso. E, se lo si faccia girare in un diaframma forato, talchè noi si veda che al suo passaggio pel foro, sembrerà che stia continuamente in esso, ove il movimento sia celere quanto occorre perchè vi si presenti dieci volte in un secondo.

Quando si guarda a lungo uno stesso colore, ei si produce nelle fibre della retina una sensazion morbida che la rende meno atta per un pezzo a discerner quel colore e fa predominare il colore complementario. Così, dopo aver guardato del rosso e del verde, si vedono sugli oggetti che s'osservano delle macchie verdi o rosse, chè quei due colori sono complementari l'un dell'altro, come a dire che, congiunti insieme, producono il bianco.

È probabile che le fibre che percepiscono un colore non sien le medesime che ne percepiscono un altro; questo almen sembrerebbe risultare da una verità di fatto irrefragabile, cioè che sonovi delle persone le quali non percepiscono tutti i colori. Colardeau era in questo caso.

Egli talvolta dava opera a dipingere; un dì fece il fondo di un quadro scarlatto credendo averlo fatto fosco; e quando glielo fecero osservare, ei non potè scorgere veruna differenza tra que' due colori. Esiste oggi in Inghilterra un dotto celebre il quale s'è accorto, esaminando certe piante, ch'egli neppure avea la coscienza di tutti i colori, e gli annali dell'Accademia parlan d'una famiglia intera che confondeva il verde col rosso, a segno da non poter distinguere le ciliege dalle fronde tranne alla forma.

Seconda lezione

Istoria dell'astronomia — definizioni.

Una folta nebbia covre la culla di tutte le scienze; ma quella la cui istoria è involta in un'oscurità più profonda ancora, è forse l'astronomia. Antica quanto il mondo, collegata ai primi bisogni dell'uomo, essa dovè dal bel principio eccitare la sua curiosità, attirare le sue osservazioni. Ma questi primi elementi della scienza, raccolti in diversi luoghi, in epoche rimote, rimaser perduti per lei, e sono altresì per la sua istoria.

Noi dunque non ci proponiamo altrimenti di prendere l'astronomia nel suo nascere per condurla sino a noi, senza perderla un istante di vista in mezzo alle tenebre che celano il suo cammino, sì soltanto di mostrarla di tempo in tempo attraverso all'oscurità.

I Caldei furono probabilmente i primi che d'astronomia si occupassero. Questo popolo pastore abitava le deliziose contrade dell'Asia, il più bel paese del mondo. La consuetudine di passar le notti all'aperto, la purezza del cielo, la immensità dell'orizzonte dovettero di buon' ora invitarlo a osservare i movimenti de' corpi celesti e studiarne gl'importanti fenomeni.

Dalla Caldea l'astronomia non tardò a diffondersi nell'Egitto, quella cuna delle arti e delle scienze; e colà fece de' notabili progressi. I sacerdoti se ne impadronirono, la mescolarono alla religione, e se ne fecero uno strumento di dominazione sopra un popolo credulo, che eglino s'adoperavano di mantener nell'ignoranza e nella superstizione.

I Fenici furono i primi che applicarono alla navigazione le osservazioni astronomiche. Essi avevano avvertito come in mezzo al movimento generale della sfera, una delle stelle dell'Orsa minore parea rimaner sempre nella medesima situazione. Su questa stella regolavano il loro cammino, ed era tale la loro superiorità, che sin da' tempi di Nechos, in un'epoca in cui gli altri popoli osavano appena dilungarsi dalle coste, eglino eran partiti dal mar Rosso, avean fatto il giro dell'Affrica ed eran tornati dopo il terzo anno alla foce del Nilo.

A un dipresso alla medesima epoca fu l'astronomia portata dalla Fenicia in Grecia da Talete. Egli insegnò ai Greci, i quali non sapevano osservar che l'Orsa maggiore, quanto la stella polare fosse una guida più sicura per la navigazione. Insegnò loro le leggi del moto del sole e della luna, da cui traeva la spiegazione della durata de' giorni e la determinazione dell'anno solare. Egli conoscea la causa degli eclissi, e, pare, eziandio il mezzo di predirli; stantechè acquistò una gran celebrità per averne annunziato uno che seguì in un dì di battaglia fra' Medi e i Lidi.

Anassimandro, uno de' suoi discepoli, inventò il globo terrestre, fe' costruire a Sparta lo gnomone che gli serviva ad osservar gli equinozi e i solstizi, e determinò con sufficiente precisione l'obbliquità dell'ecclittica. I Greci non indugiarono a metter a profitto per la loro navigazione queste novelle idee; ma non furon riconoscenti verso il sapiente che le avea loro arrecate; imperocchè lo proscrissero e l'avrebbono anche messo a morte, se Pericle non fosse riuscito a sottrarlo al furore di quel popolo superstizioso. Il suo delitto era di aver professato che il mondo è retto da leggi immutabili.

Pitagora, il quale vivea pressochè cinque secoli avanti la nostra era, fece far di grandi passi alla scienza. Ei l'arricchì di quasi tutte le grandi vedute su cui ella si fonda oggigiorno. Fu egli che scoprì il sistema del mondo a cui Copernico à lasciato il suo nome. Fu egli che concepì l'ardita idea, essere i pianeti dei globi abitati come quello sul quale noi camminiamo, e le stelle che popolano l'immensità dello spazio essere tanti soli destinati a somministrar il calore e la luce a' sistemi planetari gravitanti verso di loro. Egli vedeva altresì nelle comete, non delle meteore fuggevoli formate nell'atmosfera; sibbene degli astri permanenti che muovonsi intorno al sole secondo leggi che lor sono proprie.

Il primo che insegnò a classificare i climi secondo la lunghezza de' giorni e delle notti fu Pitea, che fece o vide nascere appo i Greci un gusto pronunziato per

l'astronomia. Il quale satisfar non potendo ad Atene, rimontarono alle sorgenti di quella scienza; andarono a studiare in Egitto, ed Eudossio ne riportò al suo ritorno delle nuove conoscenze ch'el divulgò in diverse opere. Egli fu che spiegò e fe' adottare a' Greci assembrati nei giuochi olimpici il famoso ciclo di diciannove anni immaginato da Metone per conciliare il moto del sole con quello della luna. L'anno di questo ciclo è tuttavia dinotato ne' nostri calendari sotto il nome di *Numero d' Oro*.

Tutte le scienze si concatenano e dannosi vicendevolmente la mano: l'astronomia si pose a' servigi della fisica e della geometria e prestò loro le sue vedute. Aristotile determinò mediante osservazioni astronomiche la figura e la grandezza della terra. Ei dedusse la pruova della sfericità di lei dall'apparenza dell'ombra che proietta circolarmente negli eclissi sul disco della luna e dall'ineguagliaanza delle altezze del meridiano solare nelle diverse latitudini.

Così venivasi ampliando per le mani di questi celebri sapienti il campo dell'astronomia. Ma fra tutte le scuole dell'antichità, nelle quali s' insegnava questa scienza, quella d'Alessandria risplendea d'una luminosa e giusta celebrità. Essa raccoglieva con intelligenza una copia d'osservazioni che facea con istrumenti trigonometrici. Descriveva accuratamente le costellazioni, determinava in una maniera precisa la posizione delle stelle, il corso de' pianeti, e cominciava a rendersi ragione delle disuguaglianze de'moti del sole e della luna. Ipparco, di quella scuola, fissò la lunghezza dell' anno tropico con un'esattezza a cui non s'era giunto ancora, a quattro minuti e mezzo circa.

Tolomeo, che si tiene come il primo degli astronomi, vivea nel secondo secolo dell'era nostra. Ei ci ha trasmesso nella sua gran *sintassi* le osservazioni e le principali scoverte degli antichi. In quest'opera dà la teorica e le tavole del moto del sole, della luna, dè' pianeti e delle stelle fisse. Egli aveva adottato il sistema che suppone la terra nel centro del mondo, al qual sistema si è dato il suo nome. Le idee inesatte però ch'esso racchiude punto non impedirono a quel grand'uomo di calcolare gli eclissi che accader doveano ne' sei secoli seguenti.

La *sintassi* fu tradotta verso l'826 dagli Arabi e appellata *almagesto*. Quattro secoli dappoi la loro traduzione venne messa in latino per ordine di Federico II. Indi Alfonso re di Castiglia riunì i principali astronomi conosciuti e fece loro rediger delle nuove tavole, le quali si denominarono *Alfonsine*.

Codesta protezione scosse gli uomini illuminati che possedea l'Europa. Posciachè l'astronomia conduceva a' favori, alla rinomanza, ei la coltivarono. Moltiplicaronsi i trattati e con essi gli strumenti che facilitano le osservazioni. Ma l' avvenimento più memorabile di quest' epoca si è la riproduzione dell'antico sistema del mondo scoverto da Pitagora. Copernico nato a Thorn nel 1472 fu quegli che lo richiamò in vigore. Egli trovò che quello di Tolomeo, che suppone la terra fissa e il sole, la luna e i pianeti giranti entro cerchi concentrici intorno a quel corpo, punto non s'accordava co' fenomeni. Notò che le difficoltà ond'è intralciato scomparivano, ammettendo esser il sole nel centro attorno al quale la terra fa, come gli altri pianeti, la sua annua rivoluzione. Una siffatta teorica è basata sopra ragionamenti sì incontrastabili ch'ella è la sola presentemente insegnata in tutta l'Europa. Sgraziatamente Copernico non ebbe il contento di veder trionfare la dottrina che egli avea tanto ben difesa. Perseguitato, fatto segno agli intrighi de' dotti, ei non potè, se non lungo tempo dopo averla compiuta, pubblicar l'opera in cui avea depositato il risultamento delle sue osservazioni. Ne vide il primo esemplare, ma alcuni giorni dopo non era più.

La sola opposizione di qualche momento che incontrò la teoria di Copernico le venne da Tycho-Brahe, famoso astronomo danese che voleva far prevalere la sua. Il sistema di lui differisce poco da quello di Tolomeo; intanto è conosciuto sotto il suo nome. Egli suppone che la terra sia nel centro del mondo e che il sole compia a lei dintorno la sua rivoluzione in ventiquattro ore. Altrettanto fanno i pianeti rispetto a lui, ma in tempi periodici; Mercurio il primo, come posto a una minor distanza, poscia Venere, Marte, Giove e Saturno, i quali percorrono la medesima orbita. Frattanto alcuni de' suoi discepoli supponeano esser la terra animata da un moto diurno intorno al proprio asse, il sole e tutti i pianeti eseguir la loro rivoluzione intorno alla terra in un anno. Noi dimostreremo il vizio di questa ipotesi nel far parola del sistema di Copernico.

Uno degli allievi di Tycho-Brahe, Keplero, fe' fare alla scienza rapidi avanzamenti. Ipparco, Tolomeo, Copernico andavan debitori di gran parte delle lor conoscenze agli Egizi, ai Caldei, agl'In-

diani, seguivano in somma un sentiero battuto. Ma questo dotto non dovè che al suo genio le scoverte che l'àn renduto sì celebre; l'antichità non gli avea lasciata veruna traccia che potesse metterlo sulla via.

Alla stessa epoca vivea Galileo. Mentre che l'uno designava le orbite de' pianeti e trovava le leggi de' loro movimenti, l'altro sottoponeva alle sue ricerche le leggi del moto in generale, le quali eran da duemila anni trascurate. E aiutandosi de' lavori di questi due dotti poterono in prosieguo Newton e Ugenio (Huygens) determinare tutti i movimenti planetari. Galileo avea dimostrato in un modo inoppugnabile che la terra è animata da un moto diurno e da un moto annuale; ma la sua dottrina era contraria alle idee ricevute; onde fu accusato, e, senza riguardo di sorta all'età di lui, alle sue virtù, al suo sapere, condannato a una perpetua prigionia.

Da Newton in poi che la perfezionò, l'astronomia non à cessato di esser coltivata da uomini che la loro gran dottrina di belle scoverte ànno illustrati; ma noi non possiamo trattenerci più oltre sulla storia di questa scienza, convien che ci affrettiamo d'entrar in materia.

Nozioni preliminari. Definizioni.

L'*astronomia* tratta de' movimenti, delle distanze, della grandezza, della costituzion fisica, degli ecclissi e di tutti gli altri fenomeni de' corpi celesti.

Sotto il nome generico di *stelle* si comprende volgarmente tutti i corpi che popolano gli spazi celesti; ma l'astronomia li distribuisce in più ordini.

Chiama *stelle fisse* quelle che nel moto di rivoluzione della sfera paiono occupar sempre la stessa posizione relativa, conservar fra loro le medesime distanze. A doverle riconoscere e designare con maggior facilità, gli astronomi le àn divise per gruppi, a' quali àn dato il nome di *costellazioni*. Ciascuna di queste à la sua denominazione particolare tratta da un nome d'uomo o d'animale, talvolta derivata dalla sua forma, ma pressochè sempre scelta a capriccio. L'utilità di siffatte denominazioni le à perpetuate fra noi. Per discerner le une dalle altre le stelle di ciascheduna costellazione, si classificano secondo il loro splendore o la loro grandezza apparente, dando a ognuna una designazione particolare. Così si dinota con A la più considerevole e le altre van contrassegnate secondo il metodo adoperato da Giovanni Bayer nelle carte celesti per lui pubblicate, il quale consiste in designar ciascuna d'esse nell'ordine della lor grandezza mercè le lettere dell'alfabeto greco, cominciando da α per la principale, poi β per la seconda ecc. Se il numero delle lettere greche non basta, si fa uso delle romane ed anche de' numeri ordinativi 1, 2, 3, ecc. Questo modo di designazione è stato seguito da tutti gli astronomi moderni.

Le osservazioni avendo fatto conoscere che certi astri, oltre al moto di rivoluzione diurna, ne ànno pure un altro particolare che altera il loro rapporto di distanza con quel che li circondano, si è loro dato il nome di *pianeti* da un vocabolo greco che significa *errante*. Herschell definisce i pianeti: de' corpi celesti d'una grandezza considerabile e d'una piccola eccentricità d'orbita, i quali si muovono in piani che deviano sol di pochi gradi da quello della terra in linea diretta, e si muovono in orbite l'una dall'altra lontanissime, con vaste atmosfere, le quali impertanto ànno appena un rapporto sensibile coi loro diametri. Essi àn no de' satelliti e anelli.

Distinguonsi i pianeti in *primari* e *secondari*. I primari son quei che girano intorno al sole come centro, e i secondari, più comunemente *satelliti* o *lune* appellati, son quelli che muovonsi intorno a un pianeta primario come centro e son da esso trasportati nella sua rivoluzione intorno al sole.

I pianeti primari si dividono ancora in *superiori* e *inferiori*. I superiori son quelli che stanno più lontani dal sole che la terra, come Marte, Giove, Saturno e Urano, e gl'inferiori quelli che son più presso al sole di noi, come Mercurio e Venere.

Circa ai pianeti novellamente scoperti, quali sono Cerere, Giunone, Pallade, Vesta e a quelli che potranno scovrirsi in prosieguo, Herschell à proposto di dar loro il nome di *asteroidi*, così designando i corpi celesti che muovonsi in orbite di nua eccentricità qualunque intorno al sole, qualsivoglia angolo faccia il piano di quest'astro con l'ecllittica, quale che sia il movimento di essi corpi, o diretto o retrogrado, abbiano o non abbiano atmosfere.

Ecco i segni adoperati nelle tavole o sulle sfere per indicare i pianeti: Mercurio ☿, Venere ♀, la Terra ♁, Marte ♂, Vesta ⚶, Giunone ⚵, Cerere ⚳, Pallade ⚴, Giove ♃, Saturno ♄, Herschell o Urano ♅.

L'*orbita* di un astro è la traiettoria ch'esso descrive nella sua rivoluzione intorno a quello che gli serve di centro. Le orbite

de' pianeti sono dell'ellissi d'una tenuissima eccentricità; quelle delle comete al contrario sono molto eccentriche, come a dir che si scostano assai dalla forma del cerchio, che sono assai slungate.

L'*ellisse* è la sezione d'un cono retto per un piano obbliquo alla sua base, ma che non l'incontra. Per generarla fissate in due punti un filo circolare e fatelo tendere conducendo circolarmente un lapis; i due punti fissi saranno i *fochi* dell'ellisse, e la sua eccentricità sarà la distanza dal centro a'fochi.

L'*eclittica* è l'orbita descritta, in apparenza, dal sole intorno alla terra e in realtà dalla terra intorno al sole.

L'*orizzonte sensibile* è un piano tangente al globo nel punto ove trovasi l'osservatore. Esso è il cerchio che limita la nostra vista.

L'*orizzonte razionale* è un piano menato per lo centro della terra e parallelo all'orizzonte sensibile.

L'*azimut* è un arco dell'orizzonte compreso tra il meridiano e il piano verticale che contiene un obbietto.

I *coluri* sono antiche denominazioni, mercè le quali si dinotavano due grandi circoli della sfera che passano, *quello degli equinozi* pe'punti equinoziali e il polo dell'equatore, *quello de'solstizi* pei punti solstiziali e i poli dell'eclittica e dell'equatore.

La *longitudine terrestre* è l'angolo dei meridiani misurato dall'arco compreso tra essi sul medesimo equatore. La longitudine d'un astro è l'arco d'eclittica compreso fra l'astro e il punto.

La *latitudine terrestre* è la distanza d'un luogo dall'equatore contata sul meridiano; e la *latitudine d'un astro* è la distanza di esso dall'eclittica misurata con un arco del cerchio massimo che passa per l'astro e il polo dell'eclittica.

Due pianeti sono in *congiunzione* allorchè ànno una stessa longitudine; sono in opposizione quando le loro longitudini diversano di 180 gradi.

La *declinazione* è la distanza dall'equatore del parallelo che descrive un astro; essa è australe o boreale.

Il *meridiano* è un cerchio massimo della sfera che passa pe' poli, e la *meridiana* è l'intersezione del meridiano coll'orizzonte.

Lo *zenith* è il vertice della volta celeste che ci copre da ogni banda, è il punto che ne sta direttamente sul capo, il polo (*) superiore dell'orizzonte.

Il *nadir* è il punto opposto, il polo inferiore dell'orizzonte.

I *poli* sono l'estremità dell'asse di un cerchio.

I *nodi* sono i punti in cui l'orbita d'un pianeta taglia l'eclittica. Il nodo donde il pianeta s'eleva verso il nord al di sopra del piano dell'eclittica è il *nodo ascendente*; quello donde discende verso il sud è il *nodo discendente*. La linea che va dall'uno all'altro è la *linea de'nodi*.

I *solstizi* sono i due punti estremi dell'escursione apparente del sole al nord e al mezzogiorno dell'equatore.

I *tropici* sono i cerchi a'quali risponde il sole ne'solstizi e che sono i limiti della zona torrida. La sfera è l'orbita concava ovvero l'estensione che intornia il nostro globo e nella quale noi vediamo i corpi celesti; essa sembra girar sovra i due poli.

L'*apogeo* è il luogo dell'orbita di un pianeta nel quale esso è più discosto dalla terra; e il *perigeo* quello in cui le è più prossimo.

Gli *apsidi* sono i punti dell'orbita d'un pianeta in cui esso trovasi, vuoi alla massima, vuoi alla minima distanza dal sole o dalla terra. Il primo di questi punti, quello della maggior distanza, appellasi *afelio* e l'altro *perielio*. La linea che li congiunge e passa pel centro del sole, è la linea degli *apsidi*.

La *sizigia* è la denominazione comune all'opposizione e alla congiunzione della luna per rispetto al sole.

L'*equatore* è un cerchio massimo i cui punti son tutti ad eguale distanza da'poli.

Pe'luoghi i cui poli trovansi nell'orizzonte si à ciò che chiamasi *la posizion retta della sfera*. Si chiama *sfera parallela*, quando l'orizzonte coincide coll'equatore. Per tutte le altre posizioni la sfera è *obbliqua*.

La *parabola* è la sezione d'un cono per un piano parallelo al lato del cono; sicchè è una curva aperta.

La *parallasse* è l'angolo compreso tra le direzioni secondo le quali un astro sarebbe visto simultaneamente dal centro della terra e da un punto della sua superficie.

Lo *zodiaco* è una zona di presso a diciotto gradi e tagliata dall'eclittica in due porzioni eguali. Si divide in dodici parti che si chiaman *segni*, e ciascun segno in trenta gradi. I segni dello zodiaco àn ricevuto ciascuno una denominazione particolare e sono:

(*) *Questa parola mancava nell'originale francese* (*ediz. di Bruxelles del* 1837), *certamente per un errore di stampa*. Il Trad.

0	♈	L' Ariete	0gr.
1	♉	Il Toro	30
2	♊	I Gemelli	60
3	♋	Il Cancro	90
4	♌	Il Leone	120
5	♍	La Vergine	150
6	♎	La Libra	180
7	♏	Lo Scorpione	210
8	♐	Il Sagittario	240
9	♑	Il Capricorno	270
10	♒	L'Aquario	300
11	♓	I Pesci	330

Questi segni son situati nell'ordine con che gli abbiam riferiti andando da Occidente a Oriente: il qual si chiama l'ordine de'segni.

Per aiutar la memoria, vi fu taluno che li comprese in questi due versi latini.

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, (*Virgo,*
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, (*Amphora, Pisces.*

La spiegazione etimologica di queste varie denominazioni à dato luogo a numerose discussioni, a cui le ricerche dell'Istituto d'Egitto son venute a por termine col far vedere che quei nomi, adottati in oggi da tutt'i popoli che si occupano d'astronomia, sono stati desunti da comparazioni fatte dagli Egizi tra'fenomeni celesti e alcuni fenomeni terrestri, i più puramente locali e appartenenti esclusivamente a una parte dei loro paese. Ecco un sunto di questo bel lavoro che non può a meno di non interessare il lettore.

1. *Segno del* CAPRICORNO (*Caper*). ♑.

È il primo mese d'està; va dal 20 giugno al 20 luglio circa.

In greco Επιφι, επηφι (secondo Alberti, *Fabricii menologium*).

Copto. *Epep.* (*Lexicon Ægyptiano-latinum* di Lacroze).

Arabo, *Hebbèbi*, *hebbèb*.

Latino. La definizione di questi diversi nomi può esser così concepita : *Caper*, *dux gregis*, *qui coepit*, *species apparens aquae*, *evigilatio*, *motio huc et illuc*, *aurora*.

Il verbo arabo *hebbeb* o *habeb* significa *coepit*, *evigilavit*, *experrectus fuit e somno*, *flavit ventus*, *vacillavit*, *huc et illuc motus fuit*, *insiliit in favellam*.

Ecco ora la spiegazione delle frasi latine che servon di traduzione alle idee espresse da' vocaboli copti e arabi.

Caper dà nome al Capricorno, un dei dodici segni dello Zodiaco.

Dux gregis, *qui coepit*. Il Capricorno apre e comincia l' anno; egli è il capo degli animali celesti come è sulla terra del gregge onde fa parte.

Species apparens aquae, principio dell'ingrossamento del Nilo, che ordinariamente non è valutabile se non dieci dì dopo il solstizio.

Qui evigilavit, *qui experrectus fuit e somno* dinota il giorno più lungo: il sole o l'animale che lo rappresenta è svegliato e sveglia all'ora consacrata al sonno nelle altre stagioni.

Qui vacillavit, *qui huc et illuc motus fuit*, movimento d' esitanza del sole pervenuto al solstizio.

Qui flavit ventus, venti del nord che soffiano per quindici dì in quest' epoca. L' almanacco degli Egizi ne annuncia l'arrivo.

Aurora: ciò prova che l' anno egiziano cominciava all' aurora del Capro, al nascere del primo giorno d' està. Infine secondo Erodoto, Epiphi o Epèphi era probabilmente uno dei dodici iddii astronomici degli Egizi, giacch'egli dice, lib. 11, cap. 38, che i buoi appartenevano a questo dio.

2. *Segno dell'* AQUARIO ♒.

L'aquario era il secondo mese dell'està e durava dal 20 luglio al 20 agosto.

Greco. Μεσορι, Μεσσωρι, Μεσωρι, Μεσωρη, *Menolog.*

Copto. *Mésoré.*

Arabo. *Mesour*, *miser*, *vasaque paulatim lac suum reddens.*

Il verbo arabo *meser* si traduce per *praebuit paulatim*, *emulsit quidquid esset in ubere.*

L'addizione dell' *y* finale che personifica *mesouri* significa *aquarium.*

Paulatim lac suum reddens ecc. convengono perfettamente alla dipintura dell'Aquario negli zodiaci d'Essori e di Denderah, ove il vaso, appena inclinato, lascia scorrere a poco a poco l'acqua che contiene.

Emulsit quidquid in ubere, È presso a poco durante questo mese che le sorgenti del Nilo danno tutto ciò che versar debbono d' acqua. Gli Egizi riguardavan questo liquido come dolce e fertile altrettanto quanto il latte. L' inondazione va crescendo in questo mese.

3. *Segno de'* PESCI ♓.

I Pesci terzo mese dal 20 agosto al 20 settembre.

Greco Τωθ, Θωυθ, Θωθι, φθω.

Copto *Thoout*.
Arabo. *Thohout*. *Ambulatio piscis*, *incessus*, *reciprocatus*, *ultro retroque in se rediens*.
Il verbo arabo *tona*, *peragravit regionem*, *opplevit puteum*.
Il verbo di *hout*, pesce, *hat circumnatavit*.
L'*ambulatio*, ecc. ci mostrano i pesci i quali vanno e ritornan nelle acque che coprono il paese.
Opplevit puteum, dinotan l'inondazione che riempie tutt' i luoghi bassi, dach'è essa è sparsa sovra tutto l'Egitto; infine la festa d' Iside è stata allogata al principio di questo mese, chè solo allora si celebra la festa del Nilo all'apertura delle dighe. Ecco perchè è stato talora chiamato *fotouh*, *apertura per terrae superficiem fluentis aquae*, apertura delle dighe.
Un passaggio di Sanconiatone conservato da Filone dice che *messori* à dato nascimento a *thoth*, e noi veggiamo che in effetto è *messori* o l'accrescimento del Nilo che produce *touhout*, l' espansione delle acque sulla superficie dell' Egitto, per ove scorrono i pesci.

4.° *Segno dell'*Ariete. ♈.

L' Ariete è il primo mese d'autunno; esso comincia a' 20 di settembre e finisce a' 20 d'ottobre.
Greco. Φαωφι, παοφι, παξ.
Copto. *Paopi*.
Arabo. *Fafo*, *foafi*, *hocdus*, *velox*, *vox qua greges increpantur*.
Il verbo arabo rendesi per *increpuit gregem dicens fafa*.
Il verbo ebraico *fafa* significa *obtenebrescere*.
Vox qua greges increpantur. Tostochè le acque si ritirano, l'Ariete conduce di nuovo al pascolo gli armenti tenuti cattivi durante l' inondazione.
Obtenebrescere. Il giorno scema ognor più tostochè arriva al mese principiante dall'equinozio d'autunno.

5.° *Segno del* Toro. ♉.

Il Toro, secondo mese di autunno, dal 20 ottobre al 20 novembre.
Greco Αθυρ, αθυρι, (Θωυρ, Eusebio)
Copto *Athor*.
Arabo. *Thaur*, *athour*, *taurus tauri*.
Il verbo *athor*, *aravit*, *submovit terram*.
In Egitto non si lavora che quando negli altri paesi s'è finito di seminare nel mese di novembre.

6.° *Segno de'* Gemelli. ♊.

I gemelli, terzo mese d'autunno, da' 20 di novembre a' 20 di dicembre.
Greco. Χοακ, Χοιακ, Κοακ, Κηκος.
Copto *Choiak*.
Arabo. *Chouk*, *amare flagrantes*, *amatores*.
Negli zodiaci egiziani sono un giovine ed una pulzella: durante questo mese i grani si riscaldano e germogliano: imperfettamente ànno i Greci appellato questo segno διδυμοι.

7.° *Segno del* Cancro. ♋.

Il Cancro è il primo mese d'inverno, dal 20 dicembre al 20 gennaio.
Greco. Τυβι.
Copto. *Tobi*.
Il verbo *teby*, *amovit*, *avertit*. Il verbo *teb*, *reversus*, *conversus fuit*, *respuit*.
Queste radici caratterizzano bene il moto retrogrado del sole nel solstizio di inverno.

8. *Segno del* Leone ♌.

Il Leone secondo mese d' inverno dal 20 gennaio al 20 febraio.
Greco. Μεχιρ, Μεχειρ, Μεχος.
Copto. *Chery* o *Mechèry*.
Il verbo *cher*, *acquisivit*, *collegit*, *mecher*, *pars segetis*, o *mecher*, *protulit frondes*, *ramos*; *amcher*, *plantas suas extulit terra*, *inflatus*, *turgidus fecit*.
In febbraio la terra presenta in Egitto il più bello aspetto; una parte de' ricolti già comincia; nei re degli animali essi àn simboleggiata la forza e la magnificenza della natura.

9.° *Segno della* Vergine ♍

La vergine, terzo mese d' inverno, dai 20 di febbraio a' 20 di marzo.
Greco. Φαμενωθ.
Copto. *Famenoth*.
Arabo. *Faminoth*. *Mulier fecunda et pulchra*, *quae vendit spicam*, *frumentum*, *et quod portatur inter duos digitos*.
Questo vocabolo è composto da *famij*, che vende spighe, semi d' ogni maniera la cui spiga o il gambo può portarsi fra due dita, e da *Enoth*, donna bella e feconda: negli zodiaci Egiziani *Famenoth* o la donna feconda tiene una spiga in mano. Ciò che ha tratto i Greci in errore per παρθενος è che la voce egizia vuol dir dotato di beltà; ma essa inchiude anco l'idea di fecondità.

10. *Segno della* Libbra. ♎

La libbra, primo mese della primavera, dal 20 marzo al 20 aprile.
Greco. Φαρμουθι.
Copto e Arabo. *Faramour*, *mensura*, *regula confecta temporis*.
Questo mese risponde all'equinozio di primavera cioè all'eguaglianza de'giorni e delle notti.

11.° *Segno dello* Scorpione. ♏

Lo scorpione, secondo mese di primavera, dal 20 aprile al 20 maggio.
Greco. Παχων.
Copto. *Pachous*.
Arabo. *Bachony*, *venenum*, *aculeus Scorpionis*, *prostravit humi venenum aculeus Scorpionis*.
Questo vocabolo è composto da *bach*, *prostravit*, *humi stravit* che in tutte le lingue orientali vale *putruit*, *loesit*, *pravus fuit* o *putredo*, *malum*, *morbus* e da *honniy*, *venenum*, *aculeus scorpionis* e *terror*. Il che caratterizza il secondo mese dell'equinozio di primavera in cui il caldo desta le bestie velenose e sviluppa le malattie e la peste. La radice *hama* significa anche *fervuit dies*; i giorni divengono ardenti.

12.° *Segno del* Sagittario. ♐

Il sagittario, terzo mese di primavera, dal 20 maggio al 20 giugno.
Greco Παυνι, παυνι.
Copto. *Paons*.
Arabo. *Faync* o *fenni*, *extremitas saeculi*, *temporis*, *horae*. *Faijnan*, *fenan*, *nomen equi*, *onager varii cursus*.
La radice *fann* significava *propellit*, *impulit*, *faijni* significa *propulsator*, *impulsator*.
Extremitas. Ultimo mese dell'anno egizio.
Nomen equi. *Onager*, nomen d'un quadrupede. *Propulsator* indica la sua azione. Nel zodiaco egizio l'immagine di quest'animale à il corpo d'un quadrupede e una testa a due facce, l'una di leone e l'altra d'un uomo armato pronto a lanciare una freccia. Ei sembra cacciarsi davanti gli animali che lo precedono e arrestar quelli che lo seguono. Tutto dinota ch'egli è presso ad attinger la meta a cui tende, e che la sua carriera si compie.

—

Terza lezione

Aspetto del cielo — Moti apparenti de' corpi celesti.

Quando noi portiam gli occhi al cielo vediamo aggirarsi sul nostro capo un vasto emisfero concavo, del quale sembraci occupare il centro, e che pare abbassandosi si riunisca all'orizzonte. Il giorno questa volta immensa è illuminata da un disco risplendente il quale, uscito dalle regioni dell'est, la percorre maestosamente e ridiscende tosto per disparire all'ovest. La fioca luce che preceduto lo avea non dura gran fatto a estinguersi, e allora appaion di per ogni canto nell'immensità dello spazio una moltitudine di punti rifulgenti di una grandezza variabile ed il cui numero cresce a misura che l'oscurità divien più profonda. Conferiscono alla vaghezza dello spettacolo i movimenti di questi corpi. Dappoichè intanto che gli uni, movendosi nella stessa direzione che il sole, vanno come lui a immergersi nell'occidente sotto l'orizzonte, altri si mostrano all'est, percorrono la volta de' cieli e scompariscono poi anch'essi dalla parte ove il sole s'è celato a' nostri sguardi. Non tutti pertanto vanno siffattamente a occultarsi sotto l'orizzonte; ve n'à di tali cui non veggiamo toccar mai quel cerchio, e al corso de' quali si può tener dietro per tutta la notte: anzi alcun d'essi pare costantemente immobile. E d'altra banda nell'atto che gli uni descrivon nel cielo un circolo immenso, altri percorrono un piccol arco nell'orizzonte e certuni persino non fan che levarsi e sparire. Tai sono i fenomeni del sorgere e del tramontar degli astri. A questo moto generale che la sfera stellata compie in un dì e una notte s'è dato nome di moto diurno.

In questa rivoluzione della sfera gli astri sommessi al moto su descritto paiono a primo colpo d'occhio serbar tra loro le medesime distanze. Ma delle osservazioni più precise mostrano incontanente che, se il maggior novero de'corpi celesti conservan sempre le loro situazioni relative, alcuni fra essi son dotati d'un movimento particolare, che li trasporta successivamente da una costellazione in un'altra. Questo movimento di

traslocazione riguardo alle stelle è quello che dicesi il movimento proprio dei pianeti.

Il sole à del pari che i pianeti un moto proprio, chè noi il veggiamo levarsi e tramontare successivamente in vari punti dell'orizzonte. Alla fine del mese di giugno egli sorge verso il settentrione, riman lungo tempo in sull'orizzonte, e si fa più dappresso allo zenit, quandochè alla fine di dicembre nasce più a mezzogiorno, si discosta dallo zenit e non descrive che un piccol cerchio sopra dell'orizzonte. A siffatto movimento dobbiam noi la varietà delle stagioni e la diseguaglianza de'giorni.

Il moto della luna e l'aspetto ch'essa offre a'differenti periodi del suo corso sono ancora più notabili. Ella comincia sul primo a mostrarsi nella parte occidentale del cielo a poca distanza dal sole, sotto la forma di un mezzo disco, il quale s'ingrandisce a seconda che la luna dilungasi dal sole, sicchè finalmente ella sorge a levante nel momento in cui il sole cade a ponente: allora la sua faccia è esattamente circolare. Indi essa si reca gradatamente verso l'est, s'inarca, ed elevasi ogni notte più tardi, finchè si trovi tanto vicina al sole ad oriente per quanto era ad occidente. Mostrasi allora il mattino un po'prima di lui, siccome nella prima parte del suo corso si appalesava nell'occaso alquanto dopo. Queste diverse fasi compionsi nello spazio d'un mese per riprodursi poscia nel medesimo ordine.

Talvolta finalmente si osservan nel cielo de'corpi luminosi al tutto differenti da quelli onde sino al presente tenemmo discorso, e che a causa de'diversi cangiamenti che subiscono sono stati maisempre pe'popoli un obbietto di stupore e di curiosità. Piccolissimi e poco splendidi sul principio, acquistan tostamente delle dimensioni considerevoli e lasciano scorgere una traccia luminosa la cui estensione e la vivacità son grandemente variabili: intendiamo le comete.

Dotate esse di moti propri, la cui direzione è soggetta a cambiare, quanto più s'appressano al sole, tanto la lor coda più si sviluppa e divien risplendente; infine il lor fulgore, la loro grandezza scemano con maggiore o minor rapidità, e scompariscono onninamente a' nostri occhi.

All'aspetto di questo movimento di rivoluzione della sfera due quistioni si affacciano alla mente. Pone ciascuna stella il medesimo tempo a compier la sua rivoluzione, ed è il suo moto uniforme, vale a dire percorre ella spazi eguali in tempi eguali?

Per risolver la prima di queste quistioni basta diriger verso una stella qualunque un cannocchiale fisso in una maniera immobile e in una conveniente situazione. Si conta il tempo che scorre fino alla riapparizione della medesima stella nel cannocchiale e si viene facilmente nella certezza che la durata della rivoluzione è assolutamente la stessa in qualsivoglia tempo e per qualsiasi stella. Lo spazio di tempo decorso fra due ritorni consecutivi di una stella sullo stesso meridiano forma il *giorno siderale*.

La seconda quistione risolvesi col mezzo d'un apparato che porta il nome di macchina *parallattica*. Si compone d'un cerchio graduato e fissato sur un asse centrale perpendicolare al suo piano; il prolungamento di quest'asse si confonde col diametro d'un altro cerchio mobile che resta così inalterabilmente perpendicolare al primo; questo secondo cerchio armato d'un cannocchiale suscettibile di prender tutte le declinazioni relativamente all'asse centrale, fa muovere girando, su quest'asse, un ago il quale segna sul primo cerchio gli archi orizzontali che à percorsi. Se ora si diriga il cannocchiale verso una stella perennemente visibile, converrà, a non volerla perder di vista nel cerchio ch'essa descrive, por l'asse della macchina nella stessa direzione di quello del cielo ed imprimere al piano mobile un moto corrispondente a quello che fa la stella. E, se si notino con sufficiente esattezza gl'intervalli di tempo che decorrono intanto che il piano mobile percorre sul piano fisso degli archi eguali, si trova che tali intervalli sono eguali fra loro. È dunque indifferente, per valutar di quanto una stella si è traslocata, prender per misura l'arco che essa à percorso o il tempo che à impiegato in percorrerlo, tostochè si è stabilito fra questi due dati un rapporto conosciuto. Così, compiendo la sfera la sua rivoluzione in ventiquattro ore, e tutti i cerchi diurni essendo divisi in 360 gradi, le stelle descrivono degli archi di quindici gradi l'ora. Ma vuolsi ben por mente come, non essendo questi vari cerchi tutti eguali, le loro divisioni non coincidono, e, per comparare i risultati, s'à a determinar il loro valor relativo.

Egli è un errore sufficientemente volgare di credere, sieno le stelle visibili il dì dal fondo d'un pozzo. Durante il giorno non si può vederle, salvo col soccorso de'cannocchiali e de'telescopi, ov-

vero elevandosi in un aerostato, o anche dalla sommità delle alte montagne. La cagione che toglie loro d'esser visibili a occhio nudo si è che i raggi del sole, riflessi dall'atmosfera, formano una cortina luminosa la quale impedisce di vederle, postochè la loro luce è comparativamente troppo debole. Basta infatti che una luce sia sessanta volte più fioca d'un'altra per non esser percettibile dal nostro occhio in presenza di quest'altra. Si può verificare un tal fatto mercè un'esperienza semplicissima. Ponete un corpo fra due candele accese; esso proietterà due ombre; allontanate quindi una delle candele a tal distanza che la luce che essa manda sul corpo interposto sia la sessantesima parte di ciò ch'era prima; cosa facile, sapendosi esser la intensione della luce in ragione inversa del quadrato delle distanze; l'ombra prodotta dal lume così allontanato più non si vedrà; ma diverrà percettibile se vi sarà movimento. Questa è la principal ragione la quale fa che cogli strumenti di ottica le stelle sien visibili in pieno giorno; conciossiachè essi strumenti ingrossando, e accrescendo prodigiosamente le distanze, accelerano d'altrettanto i movimenti.

All'infuori del moto proprio che ne à fatto distinguer in prima i pianeti e le comete dalle stelle fisse, un'altra differenza ci colpisce incontanente, ed è la scintillazione, fenomeno esclusivamente proprio delle stelle fisse e che è un cambiamento d'intensità accompagnato da un cambiamento di colore di questi astri. Affin di comprenderlo, è mestieri riferirsi a una notabile scoverta recentemente fatta circa le proprietà della luce. Se si fan concorrere in un medesimo punto due raggi luminosi aventi la stessa origine, non sempre questi si uniranno a dare una somma maggiore di luce; sibbene potrà avvenire, ove lor si lascino percorrere differenti distanze o traversar de' mezzi di diverso densità, che, in condizioni date, questi due raggi, in cambio d'accopplarsi, si distruggano per guisa che, parrà singolare il risultato, si sarà prodotta l'oscurità aggiungendo luce a luce. Questo è il fenomeno delle *interferenze luminose*. Per mezzo di esso va spiegato lo scintillamento. E per fermo le varie parti dell'atmosfera, essendo in una variazione continua di densità, realizzan le condizioni del fenomeno delle interferenze, e intercettano così alcuni de'raggi componenti la luce bianca delle stelle, non lasciando pervenire al nostro occhio che gli altri raggi, i quali allora più non producono tranne un'immagine della stella debole e diversamente colorata.

Se i pianeti non scintillano, gli è ch'essi ànno una certa estensione.

L'aspetto del cielo varia con la posizione dell'osservatore. Supponiamo che questi occupi giusto un de'poli della terra, ad esempio il polo boreale; in questa situazione il suo zenit sarà il polo celeste boreale ed il suo orizzonte razionale si confonderà con l'equatore. Tutti quegli astri, la cui declinazione è boreale, cioè tutti quelli i quali sono compresi fra l'equatore e il polo boreale sembreran percorrere de'cerchi paralleli all'orizzonte; quelli che stanno all'equatore rasenteranno l'orizzonte, e tutti quelli la cui declinazione è australe rimarran costantemente invisibili. Il parallelismo di questi movimenti rispetto all'orizzonte à fatto dare a questa posizione, come già dicemmo, il nome di sfera parallela.

Che l'osservatore si trasferisca ora all'equatore: il suo orizzonte razionale passerà pe' poli e in questa posizione discernerà egli le stelle durante tutto il tempo che pongono a descriver la metà dei loro cerchi diurni, e i piani di tutti cotai cerchi saran perpendicolari all'orizzonte. Questa è la posizione della sfera retta.

Se poscia l'osservatore si diriga dall'equatore verso uno de' poli, il polo nord, per esempio, parrà che questo s'elevi gradatamente sull'orizzonte ed il polo sud immergasi in giù nella stessa proporzione. Stia, a cagion d'esempio, un'osservatore lungi di 30 gradi dall'equatore verso il polo artico, il suo zenit sarà F, fig. 13. tav. 1; il cerchio massimo HOR sarà il suo orizzonte; il piano dell'equatore EOZ sarà discosto dal zenit F di 30 gradi e per conseguente lontano dall'orizzonte di 60. Il polo P sarà elevato di 30 gradi misurati dall'angolo HCP, e il polo P' sarà abbassato della medesima quantità al di sotto di quel piano. Segue da questa costruzione, che la distanza dal zenit all'equatore, ovvero la *latitudine* è sempre eguale all'altezza del polo sull'orizzonte. In questa situazione i cerchi descritti dalle stelle sono inclinati sull'orizzonte, e questo è che à fatto dare a tal posizione il nome di sfera obbliqua.

Seguendo nel loro corso gli astri della sfera, noi gli abbiam visti tutti alzarsi successivamento sopra dell'orizzonte, poi abbassarsi sotto di esso. Qual sarà il punto in che l'astro cesserà di salire? Come determinarlo?

Parecchi metodi conducono a questo risultato: il seguente, fondato sopra *le altezze corrispondenti del sole*, è forse il più semplice.

Sur una superficie esattamente orizzontale (il che si verifica mediante la livella a bolla d'aria) si situa uno stilo verticale dal cui piede come centro descrivonsi varie circonferenze. Si segnano sovra ciascuna i punti corrispondenti all'estremità delle ombre proiettate dal sole a differenti altezze, avanti e dopo mezzogiorno; dipoi si divide l'arco compreso fra due punti che l'ombra à tracciati su ciaschedona circonferenza, e s'ottiene per tal via una linea, la quale, passando pel piede dello stile, determina il piano in cui trovasi il sole allorchè à toccato il punto più alto della sua carriera. Questo strumento si denomina *gnomone*, e il piano ordinato a determinarlo è il *meridiano*. Esso passa per lo zenit del luogo e pe' poli e taglia l'orizzonte secondo una retta che prende il nome di *meridiana*.

Un altro metodo, anche semplicissimo, è quello della *misura del tempo*; se non che esso richiede l'impiego dell'istrumento de' passaggi o cannocchiale meridiano, cui noi ci faremo a descrivere tanto più volontieri quantochè esso è frequentemente adoperato dagli astronomi.

Siffatto strumento costa, al pari dei cannocchiali astronomici, d'un tubo cilindrico portante un obbiettivo e un oculare. Nel foco dell'obbiettivo è situato un diaframma bucato nel mezzo affine di non dar passaggio altro che a'raggi vicini all'asse e render la visione più netta. In questo medesimo sito son disposti sur una piastra metallica mobile de' fili sottilissimi i quali dividono il campo del cannocchiale in quattro parti eguali. Nel micrometro questi fili sono ordinariamente al numero di sei, cinque verticali e paralleli, ed uno orizzontale. Questo istrumento, fissato stabilmente sur un asse di rotazione è costruito in guisa da non muoversi che in un solo piano verticale.

Per determinare il meridiano, si colloca lo strumento sovra un piano verticale, si dirige il cannocchiale verso una stella costantemente visibile, la si osserva all'istante della massima e della minima altezza di lei e si conta sur un oriologio ben esatto il tempo corso fra' due passaggi della stella. Quasi sempre allora, se si è scelto un piano verticale qualsiasi, si trova una gran differenza, essendo l'uno maggiore d'una mezza rivoluzione, cioè di dodici ore siderali, e l'altro minore. Cotalchè basterà conoscere questa differenza e condur mano mano il cannocchiale nel piano che partirà esattamente in due metà il cerchio diurno della stella, il che di leggieri verrà eseguito dopo alquanti tastamenti.

Vi sono altresì diversi metodi propri a fissare la posizione degli astri; de'quali due in ispecialità sono i più usitati.

Il primo sta nel misurar gli angoli formati da' piani verticali passanti per ciascun astro con un meridiano a cui le costoro distanze si riportano.

Si comincia dai fissar l'altezza dell'astro che osservasi sul piano verticale ove esso è posto coll'aiuto del *quarto di cerchio murale*. È questo un settore guernito d'un cannocchiale mobile, nel cui foco trovasi un micrometro composto di soli due fili mobili, l'un verticale l'altro orizzontale. Il raggio del cerchio debb'esser disposto affatto verticalmente nel piano del meridiano, e dee corrispondere al zero delle divisioni tracciate sul quadrante descritto dal raggio. Il filo verticale del micrometro serve a diriger l'asse ottico nel piano del raggio, condizione indispensabile perchè gli archi misurati dal lembo sieno eguali a quelli che descrive l'asse ottico. Al momento che l'asse entra nel campo del cannocchiale mediante un meccanismo convenevole, gli si fa seguire il filo orizzontale, ed, allorchè il suo centro tocca il filo verticale, esso sta esattamente nel piano del meridiano. Si legge quindi sull'orlo l'arco che misura l'angolo formato dal raggio verticale; quest'angolo è la distanza al zenit, complemento dell'altezza meridiana.

Trattasi ora di conoscer l'angolo compreso fra 'l verticale nel quale si trova l'astro che s'osserva e il meridiano. Quest'angolo si appella l'azimut dell'astro; ed è orientale od occidentale. Si può giungervi notando esattamente l'ora del suo passaggio al meridiano e nel verticale in cui lo si osserva: allora il tempo corso fra' due passaggi ne dà il valore. Siffatto mezzo estremamente semplice è adoperato molto di frequente.

La distanza al zenit e l'azimut d'un astro, elementi necessari per fissar la sua posizione, posson anche ottenersi mercè l'aiuto d'uno strumento che denominasi cerchio intero, composto di due cerchi graduati, de'quali l'uno orizzontale offre la traccia della meridiana, e l'altro, munito d'un cannocchiale a micrometro, è perpendicolare al primo, e può muoversi intorno alla verticale che lo attraversa al suo centro. Nel momento in cui si vuole osservar l'astro, lo si colloca a

centro de' fili, avendo cura precedentemente di dispor nel suo piano verticale lu ultimo luogo il cerchio di cui abbiam fatto parola. Esso indica allora l'altezza dell'astro sull'orizzonte e la sua distanza al zenit che n'è il complemento, nell'atto che il cerchio orizzontale o azimutale segna l'azimut al momento dell'osservazione.

Le distanze al zenit e gli azimut formano, come si vede, un sistema d'angoli, col soccorso de' quali è agevolissimo ottener la posizione degli astri in un modo rigoroso. Questo metodo però presenta un inconveniente il quale l'ha fatto rigettar quasi interamente; ed è che, lo zenit e gli azimut variando tutte le volte che l'osservatore muta orizzonte e meridiano, non si à così verun punto fisso a cui poter rapportare tutte le osservazioni, e le diverse posizioni non offron nulla di comparabile. Per questo riguardo si è preferito il metodo seguente detto delle *ascensioni rette* e *delle declinazioni*.

In questo basta conoscere il cerchio orario dell'astro e la posizion dell'astro sul cerchio.

La posizione dell'astro sul cerchio orario si determina mercè lo strumento che ci è servito a misurare le altezze meridiane. Se ne deduce la distanza al polo e da questa quella all'equatore, la quale n'è il complemento e che si denomina la sua declinazione; il che fa chiamar talvolta i cerchi orari *cerchi di declinazione*.

La declinazione contasi da zero fino a novanta gradi: vien detta boreale o australe secondo che l'astro sta al nord o al sud dell'equatore.

Rispetto alla posizione del piano orario, questa si determina dall'angolo che esso fa con un piano orario designato. Se l'angolo formato dall'incontro de' due piani è misurato da un arco dell'equatore, quest'arco è ciò che chiamasi l'*ascensione retta*. Si determina osservando il tempo che intercede fra il passaggio dell'astro pel meridiano e quello del piano orario che s'è scelto per punto di partita. Gli astronomi denotano col segno ♈ il punto a partir dal quale essi contano le ascensioni rette: questo punto è quello in cui il sole taglia l'equatore allorchè risale dal tropico australe verso borea.

L'ascension retta è dunque l'angolo che forma il piano orario di una stella col meridiano nell'istante in che il punto fisso dell'Ariete ♈, punto nel quale il sole ci appare essere in primavera, trovasi nel piano del meridiano. L'ascension retta si conta sempre da occidente in oriente e da zero insino alla circonferenza intiera. Questo sistema di linee, per mezzo del quale si determina la posizione degli astri, offre, come di leggieri si può scorgere, molta analogia col precedente; se non che da esso essenzialmente si differenzia in quanto le posizioni degli astri, essendo prese relativamente a dei cerchi della sfera celeste invariabilmente fissati, poichè in effetto son essi l'equatore celeste e un meridiano fisso, tutti gli osservatori collocati alla superficie della terra possono rapportarvi le loro osservazioni e paragonar fra loro i risultamenti che ànno ottenuto. Conosciute la declinazione e l'ascensione retta, si trovan tutti i rapporti di situazione e di distanza sulla sfera celeste.

Quanto or ora dicemmo farà comprendere come si può ottenere un catalogo di stelle mediante il cannocchiale meridiano o qualsivoglia altro strumento da ciò. Si determina l'istante del passaggio d'una stella qualunque che si conosca pel piano del meridiano; si nota esattamente l'ora, il minuto, il secondo, del suo passaggio, partendo da zero ore dell'orologio.

Si fa la stessa cosa per tutte le altre stelle a misura che arrivano nel piano del meridiano. Per tal guisa si conosce la differenza delle loro ascensioni rette, si conosce parimenti l'altezza di ciascheduna d'esse. Acquistati questi dati, egli è facile di additar la posizione ch'elle ànno a conservar fra di loro, e così si possederà una carta celeste, sulla quale saran tracciati i diversi gruppi di stelle che forman le costellazioni. Le prime carte celesti sono antichissime. Ipparco fu il primo che ne costruisse; e, sendochè le distanze relative delle stelle non hanno offerto cangiamenti sensibili dopo le primiere osservazioni, quelle carte potranno esser adoperate in perpetuo per conoscere il cielo.

Il punto che serve d'origine per le ascensioni serve eziandio d'origine pel tempo siderale; vale a dir che si conta o^h, o', o'' siderali al momento del passaggio al meridiano.

Si concepisce, ciò premesso, non esservi cosa più facile del saper che ora è in tempo siderale quando è nota anticipatamente l'altezza del polo nel luogo ove si osserva. Basta osservare la distanza zenitale d'una stella conosciuta e calcolare il suo angolo orario contato, per esempio, dal meridiano superiore e nel senso del moto diurno da o° a 360°, aggiungendo questo angolo all'ascension retta della stella e rigettando le circon-

ferenze intere, se ve ne sono. Il restante, convertito in tempo, esprimerà la distanza dal meridiano al punto del cielo che s'è preso per origine, vale a dir l'*ora siderale* (Biot, *Astr. fis.*)

Quarta lezione

Delle stelle fisse.

Abbiam già detto andar compresi sotto questa denominazione tutti i corpi della sfera che sembrano conservar sempre le loro posizioni relative: diciam *sembrano*, stantechè delle osservazioni moderne e massime quelle di Herschel attestano dei cangiamenti sopravvenuti nelle loro relazioni scambievoli, dal che risulterebbe esser le stelle fisse eziandio sottoposte a movimenti, comechè per vero lentissimi e quasi impercettibili. Il loro numero, a primo colpo d'occhio, pare immenso, mercecchè esse son disseminate, confuse, e non posson tutte rinchiudersi nel campo dell'occhio. Ma è agevole convincersi che il novero di quelle che si ponno vedere a occhio nudo è assai limitato e non va mica più là di un qualche migliaio. Basta prendere una porzione del cielo e contar quelle che vi si comprendono: non si può vederne a un tempo che 500, ma col sussidio de' cannocchiali e de' telescopi il loro numero si moltiplica oltre ogni espressione.

La loro distribuzione nel cielo per gruppi o mucchi à fatto nascer l'idea di dividerle in costellazioni. Noi abbiam già veduto esser esse de' sistemi di stelle che si distinguono le une dalle altre per mezzo di lettere e di cifre. Ipparco ci ha trasmesso una tavola generale delle costellazioni che si consideravano a tempo suo: sono al numero di 48: 12 nello zodiaco, 21 al nord e 15 al mezzogiorno. Oggidì il numero nè è notabilmente aumentato.

La seguente tavola comprende le costellazioni e il numero delle stelle in ciascuna contenute.

Costellazioni boreali degli antichi.

L'Orsa minore	22
L'Orsa maggiore	87
Il Drago	85
Cefeo	58
Il Bifolco	70
La Corona	33
Ercole	28
La Lira	21
Il Cigno	85
Cassiopea	60
Perseo	65
L'Auriga	56
Ofiuco o il Serpentario	65
Il Serpente	67
L'Aquila o l'Avoltolo volante	26
Il Delfino	19
Il Cavallo minore	10
Pegaso o il Cavallo maggiore	91
Antinoo	27
Andromeda	27
Il Triangolo boreale	15
La Chioma di Berenice	43

Costellazioni boreali de' moderni.

Il Leone minore	55
I Levrieri	38
Il Sestante d'Evelio	54
Il Ramo di Cerbero	15
Il Toro reale di Poniatowski	18
La Volpe e l'Oca	35
La Lucertola di mare	12
Il piccol Triangolo	4
La Mosca o il Giglio	5
La Renna	12
Il Vignaiuolo	7
La Giraffa	69
La Lince	45

Costellazioni zodiacali.

L'Ariete	42
Il Toro	207
I Gemelli	64
Il Cancro	85
Il Leone	95
La Vergine	117
La Libbra	66
Lo Scorpione	60
Il Sagittario	94
Il Capricorno	64
L'Aquario	117
I Pesci	116

Costellazioni australi degli antichi.

La Balena	102
L'Eridano	85
Orione	90
Il Lepre	20
Il Cane minore	17
Il Cane maggiore	54
Il Vascello o la Nave	117
L'Idra femmina	52

La Coppa o il Vaso	13
Il Corvo	10
Il Centauro	48
Il Lupo	24
L'Altare	8
La Corona australe	12
Il Pesce australe	32

Costellazioni australi de'moderni.

Il Fornello chimico	39
La Reticella romboidale	7
Il Bulino dell'incisore	15
La Dorade	6
L'Orinolo a Pendolo	24
La Riga e la Squadra	15
Il Compasso	2
Il Triangolo australe	5
La Colomba	2
Il Cavalletto del Pittore	4
Liocorno di Evelio	31
La Bussola	14
La Macchina pneumatica	22
Il Solitario	22
La Croce australe	6
La Mosca o l'Ape	4
Il Camaleonte	7
Il Pesce volante	6
Il Telescopio	8
L' Uccello del Paradiso	4
La Montagna della Tavola	6
Lo Scudo di Sobieski	16
L'Indiano	4
Il Pavone	11
Il Settore	7
Il Microscopio	8
La Gru	12
L'Oca Americana	11
L'Idra maschio	8
L'Officina dello Scultore	28
La Fenice	11

Keplero à fatta un' osservazione ingegnosissima sulle grandezze e le distanze delle stelle fisse. Egli nota che non vi sono salvochè tredici punti sulla superficie d'una sfera, i quali sien tanto lontani fra loro quanto dal centro, e, supponendo che le stelle fisse più vicine sien tanto lontane fra loro quanto dal sole, ne cava questa conchiusione che rigorosamente non v' à più di tredici stelle di prima grandezza. A due cotanti della distanza dal sole ve ne può esser il quadruplo e così in seguito. Questa maniera di calcolo ci dà a un dipresso il numero delle stelle di prima, seconda e terza grandezza.

Allorchè in tempo sereno si distinguon bene le stelle, scernonsi in varie parti della sfera celeste delle macchie bianchicce che tramandano una fievole luce. Guardandole con uno strumento di forza amplificativa, vi si scopre una moltitudine di piccole stelle vicinissime le une alle altre: la luce ch'esse emettono dà luogo alle tinte osservate. La via lattea, quella larga zona che abbraccia la volta celeste, essa stessa non è che una serie di simiglianti nebulose. Herschell il quale le à ossorvate con un potente telescopio, ne tien parola in questi termini: « Queste nebulose sono disposte per strati di non lieve lunghezza ed io ne ò osservati alcuni quanto bastava per riconoscerne la forma e la direzione. È probabile ch'essi circondino interamente la sfera stellata, come la via lattea la quale assicuratamente non è che uno strato di queste stelle; e, siccome quello sterminato letto stellato non è punto egualmente luminoso in tutte sue parti, nè corre altrimenti in linea retta, sibbene curvasi e si scomparte altresì in parecchie zone, possiam presumere con sufficiente ragione esservi una grande varietà negli strati di questi ammassi di stelle e di nebulose. Uno di cotai letti è sì ricco di stelle che in una delle sue parti, cui io non ò osservata che per trentasei minuti, ò scoverto trentuna nebulosa, tutte visibili distintamente sovra un bel cielo azzurro. La loro situazione, il volume, la lucentezza offrono una varietà inaudita. In un altro strato, il quale è forse un ramo differente del primo, ò veduto sovente delle nebulose doppie e triple diversamente disposte; l'una appariva intorniata da una moltitudine di piccioli corpi come satelliti; in un' altra la sua luce nebulosa era molto estesa; altre della forma d'un ventaglio somigliavano a una stelletta elettrica emanata da un punto luminoso; altre in fine emetteano una luce debile cui parean ricevere dalle altre stelle. Egli è probabile che il grande strato appellato via lattea sia quello nel quale è collocato il sole, benchè forse non occupa il centro della spessezza di esso. Noi lo presumiamo, stantechè la via lattea sembra circuir tutto il cielo, e deve così essere se l'astro ne fa parte. E invero supponiamo un certo numero di stelle disposte fra due piani paralleli indefinitamente estesi da ciascun lato, ma ad una distanza data considerevole l'un dall'altro e chiamiamole uno strato siderale; un osservatore che fosse quivi situato vedrebbe tutte le stelle nella direzione de'piani di simili strati proiettati in un gran cerchio il quale apparirebbe rischiarato dall'accumulamento delle stelle, mentrechè il resto del cielo da ciascuna banda

sembrerebbe aver delle costellazioni più o meno sparse secondo la distanza di essi piani o il numero delle stelle contenute nella spessezza o ne' lati di questo strato.

» Noi siamo ora in grado di valutare il posto che tiene il nostro piccolo pianeta in questo vasto universo. Prendiamo una stella di quest'immenso sistema, e confrontiamola all'innumerevole quantità delle altre, e, affine di giudicar meglio, esaminiam per primo a occhio nudo. Le stelle di prima grandezza essendo probabilmente le più prossime a noi, ci forniranno il primo scalino della nostra scala: il perchè, se prenderemo per unità la distanza, a cagion d' esempio, di Sirio o d'Arturo, potrem supporre che quelle della seconda grandezza sieno a una distanza doppia, quelle della terza a una distanza tripla e via discorrendo. Se s'ammette essere una stella di settima grandezza sette volte più lungi da noi che quelle di prima, un osservatore posto nel centro d' una sfera intorniata di stelle non ne vedrà mica ad occhio nudo le parti più lontane, chè, non potendo la vista, giusta i nostri calcoli, estendersi più che a sette volte la distanza di Sirio, ei non si può promettere di spingerla a'limiti di que'gruppi di stelle la cui profondità è forse di cinquanta di quegli astri intorno a lui. Il suo universo non comprenderà che le costellazioni colle stelle d'ogni grandezza che le accompagnano; o, se la notte è pura, senza nubi, potrà ancora scorgere le stelle principali delle nebulose. Ma armiamolo d'un telescopio, egli comincerà a sospettare che la luce della via lattea sia dovuta all' aggruppamento delle stelle; se aumenteremo vieppiù la forza della sua visione, egli acquisterà la certezza che quella sia piena d'una quantità sterminata di stelle picciolissime e che le nebolose non sieno se non gruppi di que'corpi ».

Herschell nota che nella parte più folta della via lattea sonoci de' campi di vista rìchiusi in pochi minuti, che contengono sino a 588 stelle; che in un quarto d'ora ei ne vide passar 116,000 nel campo del suo telescopio il quale non avea che 15' d'apertura; che un' altra volta in quarantun minuto ne vide a passar 258,000. Ogni perfezionamento da lui arrecato a' suoi telescopi gli à fatto scovrire altre stelle; nè sembra che al loro numero vi sien punto limiti più che non ce ne à all'estensione dell'universo.

Il nostro sole probabilmente è anch'es so una stella fissa, posciachè, trasportato alla distanza, al di qua della quale dimostreremo or ora che le stelle non possono trovarsi, egli avrebbe assolutamente la stessa apparenza. Or che altro inferirne se non che le stelle le quali brillano d'una luce loro propria, sendo le loro distanze incommensurabili, son da paragonarsi al sole per isplendore e per volume; ch' elle debbon esser tanto lontane le une dalle altre quanto son da noi, e che l'analogia ci mena a pensare, dispensino esse al pari del nostro sole, la luce e il calore a' sistemi planetari che gravitano intorno a loro?

Herschell opina aver il nostro sole, come le più delle stelle, un moto progressivo diretto verso la costellazione d'Ercole, nella quale trascina tutto il nostro sistema planetario. Egli avverte che i moti apparenti di quarantaquattro sopra cinquantasei stelle da lui studiate seguono presso a poco la direzione che produrrebbe un movimento reale di questa specie nel sistema solare, e che le stelle brillanti di Sirio e d' Arturo, le quali son probabilmente le più vicine a noi, ànno, giusta questa teorica, i maggiori moti apparenti. La stella di Castore, veduta col telescopio, pare formata di due stelle quasichè di pari grandezza; e, tuttoch'esse abbiano un moto apparente, non s' è potuto riconoscer variazione pur d'un secondo nella distanza rispettiva, variazione che sarebbe facile a rilevarsi, se fosse vero che i loro moti apparenti van dovuti al moto reale del sole.

Percorrendo i cataloghi di stelle lasciatine dagli antichi, si è colpiti da un' osservazione singolarissima: alcune di esse stelle àn mutato splendore in un modo più o men notabile; e, nell'atto, sono apparite altre non istate mai vedute, alcune ce ne à che son disparse per ritornar visibili più tardi e talora per non più ricomparire. Questi fenomeni maravigliosi sonosi manifestati in tutte l'epoche; ed ecco un lavoro ragguardevole di Halley intorno a questi cangiamenti straordinari: « la prima nuova stella di Cassiopea non fu già scoverta da Cornelio Gemma l'8 novembre 1572. Egli narra che il tempo era sereno e il cielo stellato, e tuttavia ei non la vide; ma la notte seguente apparve con una fulgidezza che vincea quella delle stelle fisse. Essa era quasi brillante quanto Venere. Non venne vista a Tycho-Brahè che il dì 11 dello stesso mese; da quest'epoca in poi diminuì gradatamente e sparve in marzo 1574 dopo sedici mesi di apparizione; nè si è più mostrata. Il

suo posto nella sfera delle stelle fisse riconosciute per le osservazioni di Tycho-Brahè era 0° 9° 17' d'ascension retta e 53° 45' di declinazione boreale. Il 30 settembre 1604 gli allievi di Keplero ne scorsero un'altra non vista il dì avanti. Questa si mostrò subitamente con una luce da sorpassar Giove; si affievolì come la prima e al pari di essa sparve in gennaio 1605. Stava presso all'eclittica, verso la gamba destra del Serpentario. Secondo le osservazioni di Keplero, avea 7° 28° 0' d'ascension retta e una declinazione di 1° 56'. Queste due stelle pare sieno d'una specie particolare: non se ne son vedute di simiglianti. Ma fra queste due apparizioni, cioè nel 1596, Davide Fabricius ne osservò un'altra nella Balena, la quale era splendente quanto una stella di terza grandezza. Si è conosciuto dipoi ch'essa subiva de'cangiamenti periodici nell'intensione della sua luce. Non si appalesa sempre con lo stesso splendore, ma non è mai spenta del tutto e può vedersi costantemente con un telescopio. Era unica della sua specie fino a che si scoprì quell'altra nel collo del Cigno. Ha un'ascension retta di 1° 40' con 15° 57' di declinazione. Una nuova stella variabile venne scoverta nel 1600 da W. Jansonius sotto il petto del Cigno. Questa non eccedea la terza grandezza. A capo di alquanti anni addivenne sì piccola che si credè fosse scomparsa affatto; ma ella si mostrò di nuovo nel 1657, 1658 e 1659; si affievolì mano mano e bentosto non fu più che della quinta e della sesta grandezza. Ella avea 9° 18° 38' d'ascension retta con 55°29' di declinazione boreale. Il 15 luglio 1670 Evelio ne scoperse una che parea di sesta grandezza, ma si vedeva a mala pena ad occhio nudo sul cominciar di ottobre. Nel seguente aprile ridivenne brillante, e sparve totalmente circa la metà d'agosto. Fece una novella apparizione nel marzo dell'anno appresso, ma non si mostrò più che della sesta grandezza. D'indi in poi non è più apparita. Il suo sito era 9 3°17 di ascension retta e 47°28' di declinazion boreale. La sesta e ultima è quella stata scoverta da G. Kirch nel 1686. Il suo periodo è di 404 giorni e mezzo, e, comunque di rado oltrepassi la quinta grandezza, ella è regolarissima ne' suoi ritorni, conforme si è veduto nel 1704. Si mostrò essa di bel nuovo il 15 giugno 1715 una delle prime stelle telescopiche; aumentò sino a che in agosto diventò visibile a occhio nudo e durò così fino in settembre. D'allora andò scemando a poco a poco, e il dì 8 dicembre era appena visibile al telescopio. Il suo periodo è d'intorno a sei mesi, e il momento del suo massimo splendore è verso il 10 settembre.

Si son partite in due categorie le stelle che il secolo scorso si sospettava fossero variabili. Nella prima son annoverate quelle che tali sono realmente, e nella seconda quelle che sol tali si presumono. Le prime sono dodici dalla prima alla quarta grandezza, compresavi quella che apparve in Cassiopea nel 1572 e quella che si mostrò il 1604 nel Serpentario. Le seconde giungono a trenta, e sovvene dalla prima alla settima grandezza.

Si son fatte conghietture senza fine a dover spiegare questi maravigliosi cambiamenti. Newton era di credere che la vivacità passeggiera del loro splendore andasse dovuta a un incremento di combustibile prodotto dalla caduta di qualche cometa. Questo sistema di Newton che vuole le comete ordinate ad alimentar la combustione delle stelle a guisa di legne che si gittassero in un focolare è assai poco in armonia co' mezzi che adopera la natura e col modo probabile di combustione de' corpi celesti, il quale non può aggiudicarsi che ad agenti elettrici. Maupertuis suppone esser le stelle animate da un movimento di rotazione tanto rapido, che la forza centrifuga à dovuto dar loro la figura d' uno sferoide schiacciato sì da venir ridotto a un piano circolare a simiglianza d'una macina di molino; di sorta che devon elle parerci splendidissime, allorquando per l'effetto d'un moto d'inclinazione ci presentan la faccia del loro disco, ovechè possono esser poco o punto visibili quando ànno l'orlo rivolto verso di noi. Altri àn portato sentenza chè siffatti cambiamenti sien prodotti da macchie oscure sparse sulla superficie delle stelle, o anche per ultimo che questi corpi girino in orbite tanto vaste ch' ei non son visibili, come le comete, se non quando stan ne' punti a noi più prossimi. Ciò che v' à di più probabile relativamente alle stelle periodiche è ch'esse ànno una faccia oscura.

Nasce una riflessione da queste osservazioni. Il nostro sole, l'abbiam detto, è una stella. Non à esso mai subìto delle variazioni analoghe? E, s'esso à provato alcune di queste grandi vicissitudini, quali incalcolabili conseguenze àn mai dovuto risultarne? Queste considerazioni meritan per avventura di fissar l'attenzione de' geologi che ricercan le cause delle spaventevoli catastrofi delle

quali il nostro globo presenta dappertutto le tracce.

Ci rimane, per terminar questa lezione, di formarci, s'egli è possibile, un'idea della distanza che ne separa dalle stelle fisse. Innanzi d'affrontar un problema siffatto, premettiamo alcune nozioni indispensabili.

L'angolo sotteso da un obbietto varia in ragion inversa della distanza di esso obbietto all'occhio dell'osservatore. Questa è una proposizione delle più elementari della geometria.

D' altra parte la trigonometria fa conoscer le relazioni che v'hanno tralle dimensioni d'un obbietto, la sua distanza e l'angolo ch'esso sottende; un oggetto che sottende un angolo di 1° sta ad una distanza di 57,38 volte le sue dimensioni; se l'angolo è di 1', sta a 3438 volte le sue dimensioni e a 206,000 volte, se l'angolo sotteso è di 1".

Ciò posto, può leggermente concepirsi come, essendo noto il diametro della terra, se si conoscesse l'angolo ch'esso sottende veduto dalle stelle, si avrebbe immediatamente la distanza di quelle stelle. Quest'angolo vien detto la *parallasse*. Per trovarlo impiegasi un metodo analogo a quello di cui si fa uso per misurar la distanza degli oggetti terrestri fra loro. Consiste nel prendere una base d'una grandezza cognita e misurar gli angoli che formano agli estremi di lei i raggi visuali i quali partono dall'obbietto di cui si ha a determinar la distanza. Misurati questi angoli, se ne sottrae la somma da 180°, e il residuo dà l'angolo cercato in forza di quella fecondissima proposizione di geometria che i tre angoli d'un triangolo son sempre eguali a due retti.

Ma quando così si opera, e si piglia per base il raggio o il diametro terrestre, la parallasse ch'esso dà non è punto valutabile relativamente alle stelle, il che val quanto dire che il diametro della terra, comparato alla distanza che da quegli astri ci disgiugne è una quantità onninamente impercettibile.

Poichè tremila leghe sono un nonnulla a fronte alla distanza delle stelle, a qual termine di paragone àssi per avventura a ricorrere per misurarla? A tale, che forse sarà sufficiente, cioè al diametro maggiore dell'orbita terrestre il quale è 70 milioni di leghe. Questo è quello che si denomina la *gran parallasse* o *la parallasse annuale*. Hook, Flamsteed, e Bradley osservarono mediante il settore dello zenit, agli equinozi di primavera e d'autunno, il passaggio del γ del Dragone sul telescopio perpendicolare prometendosi che il diametro dell'orbita terrestre farebbe un angolo o parallasse con quello. Ma la loro speranza non si realizzò; chè l' angolo non era calcolabile. E pertanto, se la parallasse annuale delle stelle fosse di solo un secondo, elle sarebbero tuttavia a più di 5 bilioni di leghe da noi e noi potremmo misurare i loro volumi. Qual soggetto più proprio a farci concepire l'immensità dello spazio, massime se si pon mente che queste migliaia di stelle, le quali si sovrappongono agli occhi nostri, conservano tutte fra loro queste distanze incommensurabili!

Quinta lezione

Distanza dei pianeti.

Per grande che sia la potenza amplificativa dello strumento di cui si fa uso il diametro apparente delle stelle fisse non ne viene altrimenti ingrandito; sese appariscon mai sempre un punto indivisibile. I pianeti per contrario presèntano un disco il cui diametro cresce con la forza dello strumento che si adopera. Questa differenza basta di per sè a convincerci esser essi molto più presso a noi delle stelle, e il micrometro ci prova che siffatta distanza varia, additandoci delle variazioni nelle lor dimensioni apparenti.

La luna che tali osservazioni annunziavano dover esser poco discosta dalla terra, venne di buon'ora sottomessa ai calcoli della geometria. I sigg. Lacaille e Lalande si trasferirono quegli a Berlino, l'altro al Capo di Buona Speranza, affin di determinarne la parallasse. Noi abbiam già detto esser questa l'angolo formato da due raggi visuali partenti da un astro e che mettan capo a due estremi del raggio terrestre. Essi trovarono esser quest'angolo di 1°, il che dà per la distanza media dalla luna alla terra circa sessanta raggi terrestri ovvero 80, 000 leghe. Il diametro della luna è a un dipresso il quarto di quello della terra, e il suo volume circa la cinquantesima parte del volume di quest'ultima.

L'errore che può esservi nella valutazione della distanza mediante questo metodo può esser d' un mezzo secondo per ciascuno degli angoli misurati a Berlino e al Capo, e conseguentemente d'un se-

condo nell' intero risultamento, val dire della 3600^{ma} parte della distanza che abbiam detta di 80, 000 leghe. Quest' errore può sempre esservi in un tal metodo, dachè non si può esser sicuro di un'angolo senza la possibilità di un mezzo secondo d'errore.

La parallasse del sole è di 8", 6 e la sua distanza media di 34 milioni di leghe. Il suo diametro sta a quello della terra nella proporzione di 1 a 111. il suo volume nella proporzione di 1 a 1,300,000.

La parallasse del sole è conosciuta con l'approssimazione di un decimo di secondo la quale è molto maggiore di quella che abbiam visto potersi ottenere col metodo ordinario. Sicchè questa valutazione è stata ottenuta mercè un altro mezzo che daremo a conoscer qui appresso.

Essa è fornita da' passaggi di Venere sul disco del sole. Sia S, fig. 14 tav. 1, il sole, AB il raggio terrestre, e vv' Venere che percorre la sua orbita intorno al sole. Supponiamo ora che due osservatori posti l' uno in A e l' altro in B osservino e notino esattamente le diverse fasi della congiunzione; la differenza de' lor risultamenti darà il tempo che Venere avrà messo a percorrer l' arco del cerchio vv', arco il quale darà esso stesso la misura della parallasse del sole. Questa operazione, che noi qui presentiamo con tanta semplicità, vien complicata dai movimenti della terra e da altre particolarità, delle quali vuolsi necessariamente tener conto per ottenere un risultato scevro d'ogni errore.

Le distanze e i volumi degli altri pianeti sono stati determinati coi mezzi analoghi; noi ne esibiremo i risultamenti, fermandoci intorno a ciascuno di questi astri in particolare, dopo aver trattato del sole. Faremo pertanto qui conoscere i rapporti numerici singolari che sonovi fralle distanze de' pianeti le une rispetto alle altre. Se prendansi i numeri seguenti: 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, e poi s'aggiunga a ciascun d'essi il numero 4 in guisa da ottener 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, queste ultime quantità esprimeran l'ordine di allontanamento dei pianeti dal sole, come segue:

0	3	6	12	24	48	96	192
4	7	10	16	28	52	100	196
☿	♀	♁	♂	⚳	♃	♄	♅

Keplero avendo davanti gli occhi questi rapporti, ne' quali ei vedeva una lacuna fra 28 e 52, osò predire la scoperta dei novelli pianeti, e questo sospetto fu che guidò gli astronomi i quali ne fecero la ricerca.

IL SOLE ☉

Abbiamo veduto essere il sole un globo immenso 1, 300, 000 volte più grande della terra, e la sua distanza media esser di 34 milioni di leghe. Vedremo in altra lezione che l' attrazione ci somministrerà i mezzi di determinar la sua densità e il suo peso.

Noi abbiamo già detto sull'autorità di Herschell che quest' astro è probabilmente trasportato con tutto il corteggio dei suoi pianeti verso la costellazione d' Ercole, esso è inoltre animato da un movimento di rotazione sopra sè stesso che esegue in venticinque giorni. Tanto prova l'osservazione delle macchie che presenta la sua superficie e delle quali terrem parola trattando della sua costituzione fisica. Il modo di movimento di siffatte macchie e le diverse sembianze che elle prendono secondo che obbliquamente o di faccia si presentano non lascian luogo a dubitare che non sieno inerenti alla superficie del sole, nè che quest' astro non sia un corpo sferico. Non parliamo già dei movimento che esso sembra eseguire nel piano dell' eclittica: vedremo più tardi esser questo il risultato della traslazion della terra ne' vari punti della sua orbita.

Costituzione fisica del sole.

Il sole, abbiamo detto, presenta delle macchie nella sua superficie: le une sono opache, le altre luminose ed a quest' ultime si è dato il nome di *facole*. La loro forma è irregolarissima, grandemente variabile la durata, ed esse sono per l'ordinario circuite da una penombra. Elle son sempre comprese in una zona la cui estensione varia al nord e al sud dell'equatore solare.

Si è tentato spiegar queste macchie o facole in più modi. Hanno taluni immaginato, che il sole, da cui emana perennemente gran copia di calorico e di luce, sia un corpo in combustione, e le macchie opache non altro che scoria la quale viene a fluttuare alla superficie di esso; le facole all'incontro sieno ingenerate dall'eruzioni vulcaniche di questa massa in fusione. Il maggiore inconveniente di una simile opinione è di non poter adattarsi alla spiegazione de' fenomeni; ond'essa non à conseguito l' as-

sentimento degli astronomi. Quella che in oggi è accolta con più favore, considera il sole come composto d'un nocciolo opaco e solido, intorniato da due atmosfere, l'una opaca, l'altra luminosa. In questa ipotesi l'apparizione delle macchie va spiegata per delle fenditure prodotte nelle atmosfere, le quali lasciano scorgere il nocciolo del sole. La penombra è l'estremità dell' atmosfera opaca men largamente aperta dell'atmosfera luminosa, e che si vede attorno all' apertura per la quale traspare il nocciolo.

Questa opinione, che pur sembra bizzarra, à però il vantaggio di render piena ragione di tutti i fenomeni ed acquista un alto grado di probabilità, se si pon mente che la materia incandescente del sole esser non può nè un solido nè un liquido, ma debb' esser necessariamente un gas.

In effetti i raggi luminosi tramandati da una sfera solida o liquida in incandescenza godono delle proprietà della polarizzazione, quando quelli che emanan da' gas incandescenti ne son privi: ora è l' applicazione di tal principio alle esperienze fatte sul sole che à condotto alla consegnenza per noi premessa.

Questi sperimenti fannosi per mezzo d'un istrumento ingegnosissimo, la cui costruzione si fonda sulle proprietà della luce polarizzata. È un cannocchiale munito d'un pezzo di cristallo, e che dà nel suo foco, quando si mira il sole, due immagini colorate. Un meccanismo semplicissimo permette d'allontanarle o ravvicinarle l'una all' altra ed anche di soprapporle in tutto o in parte. Questo cannocchiale serve a riconoscere esser la luce degli orli del sole così intensa come quella del centro; chè, sovrapponendo le due immagini del sole in maniera che l'orlo dell'una coincida col centro dell'altra, si produrrà ai punti d'incidenza una luce perfettamente bianca. Dal che risulta: 1° aver gli orli del sole una luce di pari intensità che il centro; 2° essere i colori delle due immagini prodotte dal cannocchiale complementari l'un dell'altro.

Ma da che la luce degli orli del sole è di pari vivezza con quella del centro, un'altra consegnenza ancora se ne deduce; ed è che il sole non à atmosfera al di là della materia luminosa; chè, se altrimenti fosse, la luce degli orli avendo un più spesso strato da attraversare, troverebbesi più affievolita.

Qual è la natura della luce che il sole ci tramanda? Questa quistione à divisi lungamente i fisici.

Alcuni, appoggiati all'autorità di Newton, pretendeano avesse il sole, non altrimenti che tutti i corpi luminosi, la proprietà di trasmettere con una celerità prodigiosa delle particelle molto slegate della sua sostanza: è questo il sistema dell' *emissione*. Altri arbitravano per opposto, essere il fenomeno della luce prodotto dalle vibrazioni di un fluido chiamato etere, diffuso per tutta la natura e messo in moto dalla presenza de' corpi luminosi: questo è il *sistema* delle *vibrazioni* od *ondolazioni*, il quale riunisce al dì d'oggi tutte le opinioni; non intendendosi come un corpo potrebbe emetter continuamente una parte di sue molecole, senza perder nulla del suo volume e del suo splendore. Ma il maggior difetto del sistema dell' emissione è di non satisfare in oggi a tutte le condizioni, ovechè l'altro à per sè tutte le probabilità, specificatamente dachè recenti scoverte àn fatto scoprire i più intimi rapporti fra la causa che produce i fenomeni elettrici e quella che alla luce dà origine.

Il Sig. Pouillet s'è proposto di determinare qual può esser la temperatura de'raggi luminosi. Ecco la sua sperienza. Immaginiamo, dic' egli, una sfera di cristallo, forata nell'esterno da un'apertura che permetta di far penetrare nel centro un termometro il quale si manterrà a 0 gradi. Supponiamo ora si faccian giungere de' raggi luminosi fino al termometro: questo si riscalderà e ascenderà d'una certa quantità. Ora, se è nota la distanza del termometro dal corpo luminoso, il rapporto dell'apertura, per la quale i raggi luminosi son penetrati, con quello della circonferenza intiera della sfera, e la quantità di cui il termometro è salito, si potrà calcolare la quantità di calorico che dal corpo incandescente sarà stata trasmessa. Quale che sia impertanto la distanza, purchè cognita, ci sarà mai sempre facile di giungere a determinar la quantità di calorico tramandata mediante il termometro.

Con tal mezzo quel fisico trovò che il suo termometro, posto nelle dette condizioni, non saliva mai più che a 7° e mezzo, nè mai scendeva al di sotto di 6°; il che gli diè una media d'intorno a 1200° per la temperatura de' raggi solari.

Si è dimandato in ultimo se i raggi luminosi la di cui celerità è eccessiva, stantechè noi dimostriamo essere di 70.000 leghe a secondo, ànno una forza d'impulsione valutabile. Ma gli sperimenti

più delicati non àn testificato nulla di simile nel passaggio de'raggi solari.

LA LUNA (7)

La luna secondo che abbiam veduto, non à che la 50ma parte del volume della terra, e la sua distanza non eccede le 80,000 leghe; per guisa che con uno strumento il quale ingrandisca o ravvicini di mille volte, la si vede qual essa apparirebbe a occhio nudo, se non fosse più lontana di 80 leghe.

I movimenti della luna sono complicatissimi ed ànno lungo tempo imbarazzato gli astronomi. Essa si muove in un'ellisse della quale la terra occupa un dei fochi e che essa descrive in giorni 29, 12^{h}, 44' 2". Ella è siffattamente trasportata dalla terra nel suo moto intorno al sole, e, laddove quella pone un anno a compier la sua rivoluzione, essa in tal periodo à già fatto tredici volte e mezzo la propria. La luna gira sul suo asse precisamente nello stesso tempo che esegue la sua rivoluzione intorno alla terra; e però è che la ci presenta sempre la medesima faccia.

Dalla combinazione di questi diversi movimenti nascon le fasi, ch'è quanto dire i differenti aspetti sotto i quali noi vediam quest'astro ne' vari periodi del suo corso. Così, sia, fig. 25, tav. I, S il sole e T la terra: vediamo sotto quale apparenza la luna si presenterà. Quando ella sarà in A, in congiunzione col sole, rivolgerà alla terra la sua metà non illuminata, e apparirà oscura come si mostra in *a*. Giunta in B, dopo aver percorsa l'ottava parte della sua orbita a cominciare dalla congiunzione, rivolgerà alla terra il quarto della sua parte illuminata, e si vedrà sotto l'aspetto che à in *b*. In C avrà descritto il quarto della sua orbita e mostrerà metà della sua parte illuminata come in *c*. In D mostrerà più che mezza la sua faccia luminosa, quale in *d*, e la mostrerà intera in E, secondo vedesi in *e*. A partir da E comincerà la sua declinazione e presenterà gli stessi fenomeni, ma in senso inverso, conforme ci vien porto dalla figura, il cerchio interno della quale fa veder la luna siccome ella si presenterebbe a uno spettatore collocato nel sole, e il cerchio esterno qual essa vien veduta dalla terra.

Tali sono le diverse fasi che la luna percorre nello spazio di 29 dì e mezzo. Quand'essa è piena, cioè quando presenta alla terra tutta la sua faccia illuminata, dicesi essere in *opposizione* col sole; quando è nuova, val dire che presenta la sua faccia oscura, epperò è invisibile, dicesi in *congiunzione*. Queste due posizioni appellansi le *sizigie*. Allora àn luogo gli eclissi di luna e di sole secondo che più appresso vedremo. Finalmente la luna è nel suo primo o nel suo ultimo quarto, allorchè ci fa vedere metà della sua parte illuminata, e queste posizioni àn ricevuto il nome di *quadrature*, chiamandosi poi *ottanti* i punti intermedi fra le quadrature e le sizigie. Il movimento della luna è molto più rapido di quello del sole. Questo infatti non si avanza che d'un grado il giorno, quandochè la celerità della luna è di verso a tredici fiate maggiore, per cui il suo ritorno al meridiano è ritardato ogni dì di 48' 46". Alla differenza di rapidità di questi movimenti è dovuto il ritorno della congiunzione dopo 29 giorni e mezzo.

Il piano dell'orbita della luna è inclinato sull'eclittica per un angolo medio di 5° 8' 49"; i punti d'intersezione de' due piani dimandansi i *nodi*, l'uno *ascendente* ☊, allorchè la luna s'innalza verso il polo boreale; *discendente* l'altro ☋, quand'ella si abbassa verso il polo australe.

Un fatto irrefragabile è poggiato sulla più esatta osservazione prova, i nodi della luna muoversi verso ponente e percorrer così l'eclittica per verso opposto al moto apparente del sole, ovvero nel senso del movimento diurno da oriente in occidente. Ciascun anno essi àn descritto circa 19° e un terzo, il che fa 1° ogni diciannove giorni, o 1° 28' per mese lunare periodico o in fine una rivoluzione intera del cielo tutti i diciotto anni e mezzo; più esattamente i nodi retrogradano di 19°, 3286 per anno e percorron l'eclittica in giorni 6788, 54019. Si trova parimenti il tempo della *rivoluzione sinodica del nodo* essere di giorni 346, 61963, cioè che dopo quest'intervallo di tempo il sole trovasi nel nodo della luna. Siccome il sole si muove in senso inverso del nodo, essi si raggiungono un po' prima che quell'astro abbia terminato l'intero giro del cielo. Ecco perchè questa durata è minore di quella dell'anno.

Noi abbiam detto che, eseguendosi il moto di rotazione della luna nello stesso spazio di tempo che il moto di rivoluzione, essa dovea presentarci e ci presentava effettivamente sempre la medesima faccia. Intanto rileviamo dall'osservazione delle macchie, che la ci mostra talvolta un poco più, tal altra un poco

meno o dell'un lato o dell'altro, quasi-ch'ella avesse un lieve ondolamento. Questo è ciò che s'appella la sua *librazione*, espressione la quale dipinge bene le apparenze che si osservano, ma non si vuole interpetrarla positivamente, giacchè quest'oscillazione apparente è il risultato di ottica illusione.

È per fermo il moto della luna nella sua orbita varia a seconda che la s'appressa o si discosta dalla terra, dove il suo movimento di rotazione è mai sempre uniforme. Dal che conseguita che durante i momenti d'accelerazione essa mostra all'oriente alcune parti di sua superficie che non si ravvisavano sulle prime, nell'atto che i punti corrispondenti dell'occidente scompaiono: durante il ritardo si produce il fenomeno opposto. Questo è quel che si denomina la *librazione in longitudine.*

La *librazione in latitudine* proviene dall'esser l'asse di rotazione della luna inclinato sulla sua orbita e dal conservare esso il suo parallelismo: dal che segue che la luna rivolge alternativamente verso noi ciascun de' suoi poli, e lascia così veder le macchie che vi si trovano.

In fine la *librazione diurna* viene da che, volgendo la luna costantemente l'emisfero verso il centro della terra, l'osservatore, che non è ivi collocato, scorge, quando l'astro è sull'orizzonte, alcune parti di più da un lato e le parti corrispondenti di meno dal lato opposto.

Costituzione fisica della luna

Il fenomeno delle fasi ci à provato che la luna non è punto, come il sole, splendida per sè stessa, sibbene è un corpo opaco il quale riflette una luce ricevuta. Riguardo al fioco lume che si scorge sulla parte non rischiarata del suo disco, esso procede da' raggi luminosi che la terra le vibra per via di riflessione e gli si è dato il nome di *luce cenerognola.*

Allorchè si osserva a occhio nudo il disco della luna, vi si scerne gran numero d'irregolarità. Ma, drizzando verso quell'astro un potente telescopio, si distingue nella parte non ancora illuminata dal sole ne' primi tempi del suo corso gran copia di punti luminosi i quali s'ingrandiscono a misura che i raggi solari arrivan più diretti sulla faccia da essi occupata. Dietro i punti luminosi si proietta un'ombra densa e che gira di maniera da trovarsi sempre in opposizione col sole. Que' punti brillanti sono le vette di alte montagne che ricevono i raggi del sole davanti le parti meno elevate, e i punti oscuri ove l'ombra va ad annidarsi sono cavità, vallate somiglianti quasi tutte per la forma a'crateri. La geometria à dato i mezzi di misurar l'altezza di quelle montagne; le quali sono bensì elevatissime per la luna, il son però meno de' picchi dell'Hymalaya. L'ombra ch'esse proiettano avean già permesso di misurar la loro altezza, nonchè la profondità delle valli. Alla presenza stessa di queste scabrosità sono anche da attribuire i dentelli che si mostran talfiata sugli orli del disco, de' quali il sole rischiara le sommità innanzi di giungere alle basi.

La luna non à atmosfera, o almanco, s'ella ne à una, è sì rara che non differisce tanto sensibilmente dal vuoto per poter operare la rifrazione de' raggi luminosi. Ciò vien dimostrato dalle immersioni delle stelle: queste difatti restano invisibili il giusto tempo che debbon esserlo, la qual cosa non seguirebbe, se la luna avesse un'atmosfera che rifrangesse i raggi i quali ci vengon dagli astri.

L'asse della luna essendo quasi perpendicolare all'eclittica, il sole non esce mai sensibilmente dal suo equatore; di che segue che la luna punto non partecipa alla varietà delle stagioni. Ma, stando ch'essa non gira sul suo asse che una volta sola durante il suo movimento di rivoluzione, ciascun de'suoi giorni e ciascuna delle sue notti sono di 15 volte 24 ore delle nostre: e ciò che v'à di singolare si è che una di queste metà è illuminata dalla terra durante l'assenza del sole e non à notte, laddove l'altra ne à una di 15 giorni.

Lagrangia (1) si è studiato di spiegare per qual cagione il movimento di rotazione e il movimento di rivoluzione della luna sono isocroni. Egli à supposto, e questa supposizione à estesa a tutti gli altri satelliti, che la faccia della luna rivolta dalla parte nostra è allungatissima a fronte dell'altra, e che l'eccesso del suo peso è cagione che ella sempre tenda verso la terra per ubbidire all'attrazione da questa esercitata.

La terra apparir deve agli abitanti della luna tredici volte più grande che a noi la luna non sembra. Essa dee lor presentare delle fasi regolarissime, sic-

(1) Nell'originale era scritto La Grange; ma il Lagrangia era italiano. *Il Trad.*

come dà a divedere la fig. 25. tav. 1, e, sempre invisibile per una metà della luna, è costantemente ravvisata dall'altra metà.

Mentre la terra gira sul suo asse, l'aspetto che presenta alla luna à da esser spetatissimo. I mari, i continenti, le foreste, le isole apparir deggiono quasi tante macchie di grandezza e di splendore diverse, e l'atmosfera con le sue nubi deve eziandio apportare a quelle tinte delle incessanti modificazioni.

Noi abbiamo già detto che il sole sta perennemente nell'equatore della luna: da ciò risulta che gli abitanti di questo satellite non àn mica gli stessi nostri mezzi di calcolare il tempo. Infatti noi misuriamo l'anno dal ritorno degli equinozi; ora i loro giorni sono sempre eguali. Essi potrebbon del resto misurarla, osservando i nostri poli perfettamente visibili per loro e de' quali l' uno principia ad essere illuminato e l'altro a sparire tutte le volte che ritornano i nostri equinozi.

Si è cercato quali sono le proprietà dei raggi luminosi che vengonci dalla luna; ma i più delicati esperimenti non àn potuto far discoprire in quella luce nè proprietà calorifiche, nè chimiche. Concentrata infatti nel foco de' più ampi specchi essa non produce verun effetto calorifico sensibile. Per far quest' esperienza si è preso un tubo ricurvo cogli estremi terminati da due sfere piene d'aria una diafana e l'altra affumicata, e contenente nel mezzo un liquido colorato. In questo istrumento, quando v'è assorbimento di calorico, la palla nera ne assorbe più dell'altra, e, l'aria in lei rinchiusa aumentando di elasticità, il liquido vien respinto. Quest'istrumento è sì dilicato che segna fino a 1/1000 di grado, e nondimeno, nell' esperienza citata, non à dato risultamento di sorta. Adunque la luce dalla luna riflessa non à proprietà calorifiche sensibili. Medesimamente si è riconosciuto ch'essa è destituita di proprietà chimiche; giacchè si è esposto alla sua azione dell' idroclorato di argento, la quale sostanza sotto l' influenza della luce solare s' annerisce incontanente, e non si è avuto alun risultamento.

Intanto la credulità à attribuito alla luce della luna un poter grande su'prodotti dell'agricoltura, e la luna rossa à tuttora nelle nostre campagne una funesta celebrità. Essa è, si dice, che gela le gemme ancor tenere, e che esercita su tutta la vegetazione incipiente una sì nociva influenza. È agevole per avventura scolpar la luna di tai misfatti, de'quali ella è innocente. E per vero che è mai la luna rossa? È la luna che comincia in aprile e finisce in maggio, val dire in una stagione dell'anno, in cui sovente la temperatura è appena di 4, 5 o 6 gradi al di sopra del zero. Or si sa come le piante perdono la notte per irraggiamento una parte del calorico che àn ricevuto durante il dì, e l' esperienza prova poter questa perdita giungere fino a 7 od 8 gradi, allorchè il tempo è sereno, cioè allorchè non vi son nubi per neutralizzar quell' irradiazione: chè le nubi da parte loro irraggiano verso la terra, e fanno in oltre da barriere che arrestano il calorico e impediscongli di scappare verso le alte regioni dell'atmosfera. Così dunque la temperatura delle piante, la quale non era che di 4 o 5 gradi il giorno, potrà scendere per effetto dell' irraggiamento a parecchi gradi sotto il zero e le piante si geleranno. Ma, siccome questa grande irradiazione non avrà luogo se non quando il cielo sarà scoverto, epperò quando si vedrà la luna, verrà attribuito all' influsso di quest' astro ciò che è meramente un effetto regolare delle variazioni della temperatura. E, come se tutto conferir dovesse a mantener questo errore, gli uomini vi si confermeranno pel successo delle precauzioni che avran creduto prendere contro la luna e che realmente avran prese contro gli effetti dell' irraggiamento. I giardinieri infatti, a garentir ne' casi di che parliamo, le tenere gemme da' raggi della luna rossa, le covrono con paglia o altre materie, le quali, formando una spalliera, impediscono, come poc'anzi facean le nubi, che l'irradiazione avvenga e preservano così le piante dal gelo.

Non è gia da ieri che si attribuiscono alla luna funesti influssi. Gli antichi anche la segnalavano sotto simiglianti rapporti, e Plutarco pretende la sua luce putrifichi le sostanze animali.

Egli è verissimo che, se si pongano in un sito scoverto due pezzi di carne, per esempio, de' quali l' uno esposto ai raggi della luna, l'altro difesone da coverchio o altro riparo qualunque, il primo verrà a putrefazione assai più prestamente dell' altro; se non che in questo caso del pari che nel precedente si aggiudica alla luna un effetto che non vien da lei, e i suoi raggi non v'àn no alcuna ingerenza. Se il pezzo di carne scoperto si putrefà più subitamente dell'altro, gli è che, essendosi in grazia dell' irradiamento raffreddato dippiù, si è saturato di maggior quantità d'umido.

e l'acqua è un principio di decomposizione per le sostanze animali, tanto vero che per conservarle le dissecchiamo.

Un altro errore non meno antico nè meno generalmente invalso è quello che attribuisce alle fasi della luna, a' suoi passaggi pe' diversi quarti, un'influenza sulle variazioni atmosferiche, su' cambiamenti di tempo. Questo error popolare che incontrasi negli autori più antichi, non à fondamento veruno. Chè, oltre al non vedersi per quale azione potrebbe la luna produrre de'simili risultamenti, le osservazioni più esatte praticate sopra un'ampla scala danno una mentita formale a siffatta ipotesi. Le mutazioni di tempo non son mica più frequenti a' passaggi della luna da un quarto all' altro, che in ogni altra epoca; all' opposto, s' ei v'à qualche differenza, per verità impercettibile, è in favore degli ottanti.

Qual può dunque esser la causa di un errore da sì lungo tempo accreditato? Probabilmente il difetto d'osservazioni imparziali, la tendenza involontaria della mente umana a non registrare salvochè i fatti favorevoli alle sue opinioni preconcette, senza tenere alcun conto di quelli che militano contro di esse. Così se una mutazione di tempo segua nel rinnovellamento d'un quarto, si è colpito da questa coincidenza, si nota, e si lascian passare inosservati venti altri cambiamenti di quarti che non vanno accompagnati da alcuna variazione nell'atmosfera.

Si è citato a pro dell'errore che noi combattiamo l'autorità di Teofrasto, autorità la quale, per dirla di passaggio, non è poi tanta in materia di scienze. Ma sarebbe bisognato accorgersi che il passo che si riferisce inchiude contraddizione. E per verità, che dice Teofrasto? Che la luna nuova conduce il cattivo tempo, la luna piena il bel tempo, e che il tempo muta ad ogni quarto. Ma, se alla luna nuova il tempo è cattivo, sarà bello al secondo quarto e conseguentemente cattivo alla luna piena, il che è contraddittorio col passaggio allegato.

Un dotto moderno, il quale à composto un libro destinato a sostener le opinioni popolari, si è studiato di appoggiar questa sopra considerazioni scientifiche, ma egli ha dato in grossolani errori. E, se egli à ottenuto i risultamenti che cercava, gli è che avea tenuto tal metodo da non poterne altri ottenere, avendo fatto concorrere alle sue osservazioni un maggiore o minor numero di giorni secondo che di più o di meno variazioni atmosferiche gli facea mestieri.

Da ultimo si è domandato se gli aeroliti non potesser venire dalla luna e, tra le altre considerazioni, si è partito per far questa quistione da osservazioni le quali tenderebbero a provare che quest'astro possiede molti vulcani. Noi taremo sulle prime avvertire come la presenza sulla superficie opaca della luna ad intervalli di diversi punti brillanti per sè medesimi e la forma di crateri che offrono tutte quasi le cavità osservate, non bastan mica per far ammettere l'esistenza di vulcani nella luna. Verissimo è del rimanente che, ammessa l'esistenza di tai vulcani, potrebbero delle pietre venir lanciate da essi con una forza sufficiente a farle uscir della sfera d'attività della luna. Si è calcolato che loro non occorrerebbe a ciò, se non una velocità uguale a cinque volte e mezzo quella d'una palla di cannone, e i nostri vulcani àn talfiata lanciati de' sassi, i quali àn dovuto uscir dalla bocca del cratere con una velocità anche maggiore per percorrer la distanza a cui son andati a cadere. Ma noi vogliam farci a passare in rassegna le differenti ipotesi mediante le quali si è cercato spiegare questo maraviglioso fenomeno.

E innanzi tratto enumeriamo le circostanze generali che l'osservazione à fatto conoscere relativamente alle pietre meteoriche, e alla spiegazione delle quali le ipotesi satisfar debbono per essere ammessibili.

Gli aeroliti sono d'ordinario condotti da una meteora ignea della specie di quelle che si chiaman *bolidi* o globi di fuoco. Essi son tutti composti degli stessi principii chimici, presso a poco nelle medesime proporzioni. Vi si trova molta silice, molto ferro, della magnesia, del solfo, del nickel, del manganese e del cromo. Ad Alais in Linguadoca ne son caduti di taluni che rinchiudeano eziandio una piccola quantità di carbone: ma forse quelli caduti altrove ne conteneavan del pari e l'avran perduto nel traversar l'atmosfera; chè siffatte pietre incontrano nel tragitto tal grado di calorico che gran parte de' principii volatili i quali entrar possono nella loro composizione primitiva deve svaporarsi. Una osservazione importante a fare si è che il ferro e il nikel vi sono nello stato metallico, cosa la quale non à luogo in niuna delle aggregazioni minerali che rinvengonsi sulla superficie del globo. Egli è certo d' altra parte non trovarsi naturalmente in verun luogo sulla superficie terrestre pietre perfettamente identiche a queste. Tutte quelle che si conoscono son cadute dall' aria.

Ecco i fatti: per ispiegarli sonosi proposti diversi sistemi che si posson ridurre alle tre ipotesi seguenti.

1° Si è daprima supposto che gli aeroliti fossero, come la pioggia e la grandine, delle vere meteore che si formassero per via d'aggregazione nell'atmosfera.

2° Chladni à pensato fossero de' frammenti di pianeti o anche de' piccoli pianeti, i quali, circolando nello spazio, entrassero nell'atmosfera terrestre e, perdendo per gradi la loro rapidità a causa della resistenza dell'aria, venissero in fine a cascar sulla superficie terrestre.

3° L'autore della Meccanica celeste per ultimo à fatto osservare, poter gli aeroliti altresì derivare la loro origine dalle eruzioni di qualche vulcano lunare, il quale li lanciasse a sufficiente distanza dalla luna, perch'ei diventassero come un nuovo satellite della terra, un satellite però il quale, avendo una massa molto minore, sarebbe soggetto a maggiori perturbazioni. Se, dopo aver circolato più o men lungamente nello spazio, questo corpicciuolo viene ad esser trasportato nel raggio di atmosfera della terra, la sua celerità deve annientarsi come nell'ipotesi precedente ed esso deve finir per cadere.

Di queste tre ipotesi la prima, che a prima giunta sembra la più semplice e la più naturale, è impertanto la più inverosimile: essa non regge neppure all'esame.

E di vero, affinchè gli aeroliti potesser formarsi per aggregamento nell'atmosfera, converrebbe che gli elementi loro costitutivi vi s'incontrassero. Ma, se l'acqua e la grandine formansi nell'aria, è perchè ci àn sempre nell'aria vapori acquei e il freddo basta a condensarli: l'analisi più esatta però non iscovre nell'atmosfera verun de' principi costitutivi delle pietre meteoriche. Non vi si trova nè zolfo, nè manganese, nè silice, nè nikel, nè ferro: ei non vi à neanco pruova veruna che l'ossigene e l'azoto, principi constituenti dell'aria atmosferica possan disciogliere di simili sostanze. Qui sorge un'obbiezione. Tutte queste analisi, si dice, son fatte sopra aria presa alla superficie della terra. Ma chi sa se nelle alte regioni non vi siano per avventura de' gas capaci di mantenere in dissoluzione i metalli e le terre di che gli aeroliti son formati? A ciò si risponde, aver sottoposta all'analisi dell'aria presa alle maggiori altezze a cui l'uomo stasi levato e la composizione di essa essersi trovata onninamente identica a quella dell'aria presa alla superficie della terra: risultato che del resto era agevole a prevedere, mercecchè è legge generale della statistica de' gas ch'essi si dilatano col tempo in tutto lo spazio che è loro aperto e che, quando se ne sovrappongon parecchi di nature o di pesi differenti, finiscono con mischiarsi di guisa da formare un composto in tutto omogeneo. Se dunque ei fossero nelle regioni elevate dell'atmosfera de' gas capaci di mantenere in dissoluzione materie terrestri o metalliche, ne vedremmo necessariamente qualche cosa alla superficie della terra, e, poichè nulla ne veggiamo, segue che la obbiezione che noi combattiamo è priva di fondamento.

A questa prima impossibilità parecchie altre se ne aggiungono. Quando ben fosse concesso, che i principi costituenti degli aeroliti esistano realmente nella atmosfera ad ogni altezza e, che se all'analisi si sottraggono, ciò dipenda dall'essere in assai piccol dato, bisognerebbe spiegar tuttavolta con elementi sì deboli e sì disseminati una precipitazione subitanea che dà pietre di parecchi quintali come quella che conservasi a Ensisheim in Alsazia, o 3 a 4 mila pietre di varie grossezze come quelle state staccate e lanciate dalla meteora di Laigle. Egli occorrerebbe assegnar la causa che riunisce i globetti sparsi per formarne una massa unica. La qual causa non è l'affinità, dappoichè gli elementi componenti gli aeroliti non vi si trovano combinati, ma semplicemente agglomerati e tenuti insieme per sovrapposizione. E intanto, s'ei non van sommessi all'azione di veruna forza, questi piccioli globetti àn da cadere isolatamente a misura che vengonsi formando. Indarno s'obbietterebbe poter essi venir sostenuti più o men lungamente per qualche causa analoga a quella che, giusta l'ingegnosa opinione del Volta, dimena la grandine fra due nubi per guisa da darle tempo d'ingrossare mediante l'addizion successiva di novelle falde di ghiaccio. Conciossiachè prima di tutto non si è mai veduto questo volume giungere a molti quintali, benchè l'acqua che forma gli elementi della grandine sia assai più abbondante nell'aria che non si suppone esser gli elementi formanti gli aeroliti. D'altronde nell'opinione del Volta la sospensione della grandine nell'atmosfera va attribuita alle azioni reciproche di nubi elettriche, causa la quale non può ugualmente adattarsi alla formazione degli aeroliti, sendochè le meteore da cui sono addotti scoppiano ta-

luna volta in tempo il più sereno. Finalmente, se gli aeroliti si formassero nell'atmosfera come la pioggia e la gragnuola, obbedirebbero come queste all'azione della gravità e cascherebbon sulla terra in linea retta o almenchessia senza altra deviazione, da quella in fuori che loro imprimerebbono i venti. Ma così non avviene. Gli aeroliti ànno nella lor caduta una celerità di traslazione orizzontale considerevole e alcuna volta paragonabile a quella che volge la terra in giro nella sua orbita. E siffatto carattere basterebbe solo per escluder completamente la possibilità della formazione delle pietre meteoriche nell' atmosfera, quando le considerazioni chimiche per noi sviluppate non ci avesser già condotti a eliminarla.

La seconda ipotesi che si è fatta intorno all'origine di queste masse è più verosimile di molto. Dappoichè sonosi scoverti recentemente de' pianeti tanto piccoli, che non si dee repugnare ad ammetterne degli ancora più piccoli e tali che possan da essi risultare le nostre meteore pietrose. Questi piccoli pianeti, entrando nell' atmosfera della terra e perdendovi a poco a poco il lor moto proprio, finirobbero col cadere sulla sua superficie; ma ciò non potrebbe intervenire senza una compressione notabile dell' aria davanti al mobile, la qual pressione potrebbe indubitatamente esser forte abbastanza per isprigionare tal quantità di calorico che la massa pietrosa ne fosse riscaldata fortemente e i principj volatili in lei rinchiusi potessero infiammarsi e bruciare. Sicchè questa ipotesi rappresenta perfettamente tutte le circostanze della caduta delle pietre meteoriche: se non che non ispiega in niun modo la loro identità di composizione o almeno non potrebbe spiegarla, se non supponendo che tutti i pianeti, piccoli tanto da formar degli aeroliti, fossero assolutamente della stessa natura e costassero degli stessi elementi nelle stesse proporzioni, supposizione che l' osservazione smentisce per la terra, e che, estesa agli altri corpi celesti, se si pon mente alla generalità di loro natura, addiviene fuor di modo inverosimile.

Per opposito, questa medesimezza di chimica composizione trova mirabilmente la sua spiegazione nell' ultima ipotesi la quale fa venir queste pietre da un vulcano della luna; bastando allora il supporre o che i vulcani lunari non eruttino se non di cotali materie o ch' elle sien particolari a uno di loro il quale solo possa lanciarle con tanta forza da farne de' satelliti della terra, e questo grado di forza che il calcolo à valutato è, come abbiam visto, pochissimo ragguardevole, giacchè la luna non è circondata da atmosfera resistente. Ma, conforme abbiam detto in cominciare, se l'esistenza de' vulcani lunari vien renduta verosimile per le osservazioni astronomiche, non ancora però è riformata. Del rimanente, ammessi questi vulcani, la spiegazione del fenomeno non è più che un affar di meccanica rigorosa. Si può figurarsi tra la terra e la luna una certa superficie, la quale limiti le parti dello spazio ove ciascun di que' corpi attrae maggiormente. Un tal limite sarà più presso alla luna che alla terra, dachè la massa della luna è minore d' assai. Una volta che la pietra vomitata dal vulcano lunare è giunta al di là di questo limite, cosa che può aver luogo in un' infinità di direzioni, essa diviene un satellite della terra, ma un satellite il quale sperimenta delle perturbazioni enormi a causa della piccolezza della sua massa comparativamente a quella della terra, della luna e del sole da' quali è attratto. Una volta che la sequela di queste perturbazioni venga a cacciarlo nell' atmosfera terrestre, la velocità sua propria sarà bentosto distrutta dalla resistenza di quella ed esso finirà a cader sulla superficie terrestre, come nel caso antecedente.

Noi siam per tal modo condotti a vedere, esser l' ipotesi che fa venir gli aeroliti da' vulcani della luna la più verosimile fra tutte, e sino al presente la sola che satisfaccia appieno a' fenomeni osservati; ma, lo ripetiamo, essa non è peranco che una mera ipotesi, e l' esistenza de' vulcani lunari non è affatto dimostrata.

Sesta lezione

De' Pianeti.

Mercurio ☿.

Mercurio è il pianeta più prossimo al sole. Esso si vede la sera dopo il cader di quello nella parte occidentale del cielo sotto la forma d' un disco piccolo, ma splendidissimo, il quale, malagevole sul primo a distinguersi per ragion della luce crepuscolare, diventa ognor più visibile a misura che si allontana, sino a che finalmente, pervenuto a certa distanza, sembra restare alcun tempo immobile. Questa prima parte del suo corso è diretta come il corso delle stelle. Ma esso non istà molto a tornar sopra sè e fi-

nisce col disparire affatto. Subito dopo ricompare il mattino all'oriente qualche tempo prima del sorger del sole, e se ne dilunga sempre più fino a un punto ove resta di nuovo stazionario per ritornar poscia a immergersi ne' raggi del sole e riapparire novellamente dopo il declinar di quello.

La poca durata di sua apparizione proviene dalla sua vicinanza al sole, da cui sembra non si allontani che di 16°, a 29°, la sua distanza a quest'astro è di 13,361,000 leghe. Il suo diametro apparente è d' intorno a 7" e il reale circa i 2/5 di quello della terra. Esso gira sul suo asse in 24h, 5, 3" e pone giorni 87, 23h, 25',44", a percorrer la sua orbita con una celerità di 40,000 leghe l'ora. Quest'orbita, che sta sempre rinchiusa in quella della terra, forma un' ellisse molto eccentrica, molto inclinata al piano dell' equatore del pianeta e che fa col piano dell'eclittica un angolo di verso a 7°.

Allorchè Mercurio nel suo movimento retrogrado s'immerge ne' raggi del sole, accade taluna volta di vederlo che percorre sotto sembiante di una piccola macchia nera il disco del sole. È desso senza fallo, giacchè la posizione, il moto, e il diametro sono gli stessi. Si dicon questi i passaggi di Mercurio. Ei non àn luogo per noi in tutte le rivoluzioni di lui a riguardo dell'inclinazione della sua orbita sul piano della eclittica, e perchè non ci è dato vedere il pianeta sul disco del sole, salvo quand' esso è al suo punto d' intersezione coll'eclittica, e la linea che congiunge il suo centro e quello del sole passa egualmente pel centro della terra. Ma la picciolezza di questo pianeta, la sua lontananza dalla terra e la sua prossimità al sole ci tolgon sovente d' esser testimoni dei suoi passaggi, i quali seguono regolarmente dopo periodi di 6, 7, 13, 46 e 265 anni.

Costituzion fisica di Mercurio.

Mercurio è d' una forma perfettamente sferica. Al paro di tutti i pianeti riceve sua luce dal sole; e ciò comprovano sì i suoi passaggi sul disco di quell'astro, durante i quali egli rende sembianza d' una macchia opaca, sì l' osservazione delle fasi che presenta e cui può tenersi dietro, come a quelle della luna, col soccorso d' un telescopio.

L' uso di quest' istrumento à fatto anche riconoscere che un degli estremi del suo mezzo disco è troncato. E questa troncatura à somministrato il mezzo di determinar la durata del suo moto di rotazione, chè il suo disco non presenta veruna macchia. Essa è un effetto delle scabrosità che covrono senza dubbio la superficie del pianeta e che ci occultano in una data posizione alcuni de' punti illuminati dal sole.

Credesi che Mercurio è circondato da un' atmosfera estremamente densa. Il suo moto di trasferimento nello spazio è più celere di quello degli altri pianeti, perocch'egli è più vicino al sole. Quest'astro appare a lui tre volte tanto grande quanto il veggiam noi; e Newton à calcolato che gli manda un calore sette fiate più considerevole di quello della nostra zona torrida. Non vuolsi però esser corrivo a inferire che quel pianeta provi realmente una temperatura cotanto alta: chè noi non siam perancora abbastanza istruiti delle cause produttrici del calore, per aver il diritto di trarre una conseguenza siffatta, e potrebbe ben darsi che l'azione de' raggi luminiosi dalla natura degli elementi costitutivi de' vari pianeti venisse modificata.

Venere ♀.

Venere è la più bella infra le stelle tutte: però à ricevuto il nome che porta. Al pari di Mercurio, essa si mostra ora il mattino, ora la sera, e chiamasi corrispondentemente la stella del mattino o della sera (1). Alquanti dì dopo la sua congiunzione col sole, si vede dapprima il mattino a ponente di quello sotto sembianza d' una bella mezza luna *(croissant)* la cui faccia convessa è volta verso di esso. S' indirizza all'ovest e, a misura che procede il suo moto, si allenta e la mezza luna s'ingrandisce; finchè in ultimo arriva a un punto ove si ferma alcun tempo, e allora forma un semicerchio. Indi riprende il suo corso per alla volta d' oriento con una rapidità gradatamente accelerata insino a tanto che abbia raggiunto il sole. Alquanto dopo la si vede la sera all'est di quell'astro, compiutamente rotonda, ma picciolissima; prosiegue il suo cammino all'est, crescendo in diametro, ma perdendo di rotondità insino a che sia ritornata in semicerchio. Finalmente si dirige di bel nuovo verso occidente, aumentando sempre in diametro e disegnando una mezza luna decrescente, poscia finisce a tornare in congiunzione col sole.

(1) Riceve pure il nome di Lucifero la mattina e di Espero la sera.

Come quella di Mercurio, la distanza di Venere dalla terra è variabilissima, secondochè indicano le variazioni apparenti della grandezza de' loro diametri. La sua distanza media dal sole è di 25 milioni di leghe; il suo diametro apparente varia da 30" a 181". La sua rotazione intorno al proprio asse compiesi in 23h 21' 19" e la durata della sua rivoluzione attorno al sole è di giorni 224, 16h, 49'. La sua orbita è inclinata di 3°, 24' sull' eclittica e resta sempre rinchiusa nell'orbita terrestre.

Venere à parimenti che Mercurio dei passaggi sul disco del sole e non altrimenti che quello si palesa allora sotto la forma d' una macchia. Questi fenomeni son rarissimi e gli astronomi ne profittano per misurar la sua distanza con precisione. Noi abbiam veduto altrove come si è ottenuta per mezzo di questi passaggi la parallasse del sole con l' approssimazione di un decimo di secondo.

Costituzion fisica di Venere.

Allorchè questo pianeta si proietta sopra il disco del sole, vi si disegna sotto l' apparenza d' una macchiolina tonda e nera. La sua figura adunque è sferica e la sua luce accattata dal sole, come eravam già autorizzati a conchiudere dal fenomeno delle sue fasi.

La durata del suo movimento di rotazione è stata determinata, come per Mercurio, dall'osservazione delle scabrosità che scorgonsi sulla superficie di esso, e che, intercettando la luce che esso riflette, danno una forma tronca alle corna della sua mezza luna. Egli è bastato a ciò di calcolar l'intervallo che corre fra due ritorni della troncatura osservata. Questo pianeta è inviluppato da un' atmosfera: un astronomo tedesco l'aveva riconosciuto calcolando la legge della scemamento della luce, ed è cosa certa esser la sua parte illuminata maggiore che non sarebbe s'ei non ci fosse un effetto di rifrazione.

Benchè quasi grande quanto la terra, Venere si muove con più celerità, per esser più vicino al sole. Questo astro appare a lui pressochè due volte quanto alla terra, e, come esso è per noi, così per lui è Mercurio la stella del mattino e della sera.

L'asse di Venere è inclinato sulla sua orbita di 75°, cioè di 51° 1|2 più di quel che l'asse terrestre è sull'eclittica. Il polo nord del suo asse inclina verso il 20° dell' Aquario, partendo dal segno del Cancro. Conseguentemente la regione boreale di Venere à l' està ne'segni in cui noi abbiam l' inverno e viceversa. Come la maggior declinazione del sole da ciascun lato del suo equatore giunge a 75°, i suoi tropici stanno a 15° da' suoi poli e i suoi cerchi polari altrettanto lungi dall' equatore. Sicchè à esso al suo equatore due està e due inverni in ciascheduna delle sue annue rivoluzioni.

Molte osservazioni sonosi fatte per accertarsi se Mercurio e Venere abbian satelliti; ma non se ne son veduti. E di vero pare non sieno questi stati dati altro che a' pianeti superiori.

Pianeti superiori.

I due pianeti di che abbiam tenuto parola sono stati denominati pianeti inferiori, sendochè sono, come dicemmo precedentemente, men lontani dal sole che la terra; quelli de' quali imprendiamo a trattare sono stati chiamati per opposizione pianeti superiori, giacchè la terra è più di loro prossima al sole.

Marte ♂

Questo pianeta viene immediatamente dopo il nostro globo nella proporzione delle distanze dal sole. Sembra muoversi dall'oriente all'occidente intorno alla terra, ma il suo moto offre molte irregolarità. Il mattino, quando comincia a separarsi dal sole, il suo cammino è rapidissimo, ma questa rapidità va per gradi decrescendo e cessa del tutto verso i 137°. Il pianeta riprende poscia un moto diretto che lo porta in opposizione col sole. La sua rapidità scema di nuovo progressivamente, ed esso sembra retrogradare sinchè abbia oltrepassato l'astro di 137°. Allora il moto ritorna diretto e il pianeta va ad immergersi nei raggi del sole.

La distanza media di Marte dal sole è di 52, 613,000 leghe. Siccome la sua distanza dalla terra è variabilissima, tal variazione si manifesta mediante le dimensioni apparenti del suo diametro, il quale è quando di 18° e quando di 90°. L' osservazione delle macchie che presenta il suo disco à fatto riconoscere che Marte gira sopra sè stesso in 24h 31' 22". Esso si muove in un'ellisse molto eccentrica che impiega giorni 686, 23h 30' 42". a percorrere. Il suo asse è inclinato sull' orbita per 61° 33' e questa sull'eclittica per 1° 51' 1"; il suo diametro equatoriale è al polare nella ragione di 16 a 15.

Marte subisce nel percorrer la sua

orbita grandi variazioni di distanze; or si mostra presso, or lungi dal sole, tagliata, sorge quando quello declina, e tramonta quando quello si leva: la sua distanza dalla terra varia eziandio prodigiosamente, men considerevole nelle opposizioni, maggiore nelle congiunzioni. Alla stessa guisa di Mercurio e di Venere egli offre il fenomeno delle fasi, senza sperimentare, come que' due, un troncamento della sua mezza luna.

Costituzion fisica di Marte.

Osservato col telescopio, questo pianeta presenta un disco arrotondato e che, non essendo mai incavato, sembra meno coverto di scabrosità. Le sue fasi fan vedere non esser esso luminoso per sè medesimo. Scopronsi sulla sua superficie delle macchie di colore più o men carico, mercè le quali si è determinata la durata del suo moto di rotazione. La luce che Marte riflette è d'un rosso fosco, apparenza che si appone all'atmosfera ond'è circuito, la quale è sì alta e sì fitta che, quando il pianeta s' appressa ad alcuna stella fissa, questa muta colore, s'oscura e sovente sparisce, benchè disti mezzanamente dal corpo del pianeta.

Oltre le macchie che son servito a determinare il moto di rotazione di Marte, parecchi astronomi ànno osservato che un segmento del suo globo verso il polo sud à un chiarore il quale vince di tanto quello del rimanente del disco che par come segmento d'un globo più considerevole. Maraldi c'insegna che questa macchia risplendente fu osservata sessanta anni fa e ch'ella era di tutte la più permanente. Una parte di questo pianeta è più luminosa del resto, la parte più oscura è soggetta a grandi cambiamenti e talvolta sparisce. Un lustro simile è stato spesso osservato al polo boreale. Cotali osservazioni sono state confermate da Herschell, il quale à esaminato il pianeta con istrumenti meglio fatti e più forti di quelli adoperati sino a lui. Secondo questo astronomo l'analogia che v'à fra Marte e Venere è la maggiore che presenti il sistema solare. I due corpi àn quasi lo stesso moto diurno. L'obbliquità della loro eclittica non offre punto grandi differenze. Di tutt' i pianeti superiori Marte è quello la cui distanza dal sole più s'approssima a quella della terra; la lunghezza del suo anno neppur sembra diversificar gran fatto da quella del nostro, quando la raffronti all'enorme durata di quello di Giove, di Saturno e di Herschell. Poichè il globo che noi abitiamo à le sue regioni polari gelate e montagne coverte di ghiaccio e di nevi che non si sciolgono se non in parte quando vengono alternativamente esposte all'azione del sole, si può supporre le stesse cause producano i medesimi effetti sopra Marte, le sue macchie polari risplendenti sieno dovute alla viva riflessione che la luce subisce su quelle gelide regioni e la diminuzione di quelle macchie, quando sono esposte all'azione del sole, sia un effetto dell'influenza di esso astro. La macchia del polo australe era estremamente grande nel 1781, il che doveva essere, stantechè quel polo usciva da una notte di 12 mesi ed era stato tutto quel tempo privo del calor solare: era più piccola nel 1783 e scemò gradualmente dal 20 maggio sino alla metà di settembre che parve divenisse stazionaria. A quest'epoca il polo sud aveva goduto otto mesi di state, durante i quali avea percennemente sperimentato l'influsso de' raggi solari.

Vero è che questi alla fine eran talmente obbliqui da non poterne esercitar uno di troppo momento. D'altra parte il polo boreale, il quale dall'essere esposto per dodici mesi al sole era caduto in profondo buio, sembrava poco considerevole, comechè fosse indubitatamente cresciuto in volume, non era visibile nel 1793, attesa la posizione del suo asse che a noi lo celava.

Un'altra considerazione viene altresì a confermare l'ipotesi che le macchie brillanti de' poli di Marte procedano dalla presenza de' ghiacci e delle nevi; ed è che, l'asse di questo pianeta essendo inclinato sulla sua orbita per 61° 33', le variazioni delle stagioni non debbon essere molto sensibili, e questa costanza di ciascun parallelo in conservar la medesima temperatura riguardasi come favorevole alla formazione de'ghiacci.

Il sole non impartisce a Marte che il terzo incirca della luce che spande sopra la terra, laonde par singolare che quello non abbia luna o satellite. Tuttavia questa circostanza può esser compensata coll'altezza e la densità della sua atmosfera che abbiam veduto esser considerevoli.

I quattro pianeti telescopici.

Questi pianeti, che nel sistema solare van posti fra Marte e Giove, si debbono alle scoverte moderne: per siffatto riguardo, nonchè a causa della lor picciolezza e lontananza, essi sono ancora assai poco conosciuti.

Giunone ⚵.

Fu scoverto da Harding il 1° di settembre del 1803. Ha secondo Schroeter, un diametro di 475 leghe. Compie in 4 anni e 128 giorni la sua rivoluzione intorno al sole, in un'orbita inclinata sull' eclittica per 31°, 12' : la sua distanza dal sole è di 92 milioni di leghe all'incirca.

Cerere ⚳.

De' quattro pianeti telescopici Cerere fu scoverto il primo da Piazzi (1) nel 1° gennaio 1801. Il suo diametro, di 50 leghe secondo Herschell e di 475 secondo Schroeter, non è mica ben conosciuto. Esso compie nello spazio di quattro anni e mezzo la sua rivoluzione attorno al sole in un' orbita il cui piano fa un angolo di 10° 37' 25" con quello dell'eclittica. La sua distanza dal sole è di intorno a 95 milioni di leghe. La sua apparenza è quella d' una stella nebulosa circondata da nebbie variabilissime, il che à dato luogo a Herschell di pensare ch' esso abbia un' atmosfera.

Pallade ⚴.

Pallade fu trovato da Olbers. Il 20 marzo 1802. Schroeter gli dà un diametro di 700 leghe ed Herschell di sole 50. La sua orbita estremamente allungata è quella la cui inclinazione sull' eclittica è la più considerevole, essendo di 34° 37' 30". Esso la percorre nel periodo di 4 anni, 7 mesi e 11 giorni. La sua distanza dal sole è di 96 milioni di leghe; esso à un colore bianchiccio, e appare poco distinto anche con un potente istrumento.

Vesta ⚶.

Vesta fu scoverto da un degli allievi d' Olbers il 29 marzo 1807. Esso descrive in 3 anni, 66 giorni e 4 ore la sua orbita che pare irregolarissima e che s' inclina sull' eclittica per 7° 8'. Questo piccolo pianeta è di assai poco conto. Osservato da Herschell con uno strumento d' una forte potenza amplificativa non diè altrimenti l' apparenza di un disco, sibbene mostrossi come un punto brillante. Si crede stia ad 81 milione di leghe dal sole.

(1) Abbiamo emendata l'ortografia di questa parola, la quale nell' originale si faceva terminare in y, essendo a tutti noto come il Piazzi era italiano. *Il Traduttore.*

Comunque non si conoscan peranco compiutamente le dimensioni di questi quattro pianeti, può dirsi nullameno esser essi di un' estrema picciolezza ragguagliatamente a quelli che son loro da presso e tenuto conto della distanza che dal sole li disgiugne. Un'altra anomalia che presentano si è che deviano grandemente dallo zodiaco o cammino de' pianeti. Queste considerazioni àn fatto emettere un' opinione arditissima, cioè che questi quattro piccoli pianeti potrebbero bene non essere che le schegge d'un pianeta unico il quale avesse esistito fra Marte e Giove. La quale opinione acquista un alto grado di probabilità, se alle considerazioni che precedono aggiungasi che questi pianeti non son rotondi, la qual cosa viene indicata dallo scemamento momentaneo di loro luce quand'essi presentano le lor facce angolari, e che l' intersecamento delle loro orbite, che le fa riunir tutte nel medesimo punto, è conforme a quanto esiger rebbon le leggi della meccanica nell' ipotesi di cui è parola. Infatti giusta tali leggi, se un pianeta scoppiasse violentemente, ciascuna di sue schegge, dopo aver descritto una novella orbita, verrebbe a passar per lo punto dove avrebbe avuto luogo l'esplosione.

Settima lezione

Giove ♃ e i suoi satelliti.

Giove è il più grande de' pianeti e il più splendido dopo Venere. Esso è 1470 volte più grosso della terra; ed è la distanza prodigiosa alla quale si trova che lo ci fa parer così piccolo. Il suo moto sul proprio asse è estremamente rapido, compiendosi in 9h 56'. Quanto al movimento di rivoluzione, lo esegue in giorni 4332, 14h 18' 14", 4 in un' ellisse il cui piano è inclinato su quel dell' eclittica di 1° 46'. La distanza a cui Giove è posto non permette di scerner le fasi che esso dee senza dubbio subire al par degli altri pianeti.

Veduto col telescopio, Giove si scorge scortato da quattro piccoli corpi luminosi circolantigli intorno che chiamansi suoi satelliti, si distinguono alla rispettiva posizione, primo essendo quello più vicino al pianeta. Si muovono in orbite che sono pressochè nel piano dell'equatore.

Il 1°	in.	1 gior.	18h	27'	33".
Il 2°		3	13	13	42
Il 3°		7	3	42	33
Il 4°		16	16	32	8.

I tre primi muovonsi in piani pochissimo differenti, ma il quarto è un poco più fuori mano. Le loro orbite sono quasi circolari; non s' è ravvisata eccentricità, salvo in quelle del terzo e del quarto; l'orbita di quest'ultimo è soprattutto più sensibile.

I movimenti dei primi tre son collegati per singolari rapporti. Il movimento siderale medio del primo è costantemente eguale al triplo del movimento medio del secondo, e la longitudine siderale o sinodica media del primo, meno il triplo di quella del secondo, più il doppio di quella del terzo è maisempre eguale a due angoli retti.

Herschell, esaminando esattamente questi satelliti col telescopio, s' è avveduto che l' intensione di loro luce offriva delle variazioni periodiche, e, calcolando l'epoche nelle quali le lor facce sono a noi rivolte, è stato in grado di determinare la durata della lor rivoluzione sul proprio asse. Egli à trovato ch' essi voltan sempre la medesima faccia a Giove e fanno così un sol giro intiero sul proprio-asse mentre percorrono tutta la loro orbita; il che conferma in modo evidente l' analogia loro con la luna. Maraldi era già pervenuto alla stessa conseguenza per il quarto satellite, seguendo i ritorni di una medesima macchia osservata sul disco di quello

Quando i satelliti di Giove vengono in virtù del lor moto di rivoluzione a collocarsi fra'l sole e lui, proiettan sulla parte rischiarata del suo disco un'ombra che varia secondo la distanza e la grandezza di ciascun d' essi. Sicchè si à un eclisse parziale di quel pianeta: dal che scende la conseguenza che nè Giove nè i suoi satelliti non son luminosi per sè stessi.

Allorchè, per opposto, il lor moto porta i satelliti dietro al pieneta, si vedon quelli successivamente scomparire: e si ànno così gli eclissi de' satelliti. I tre primi s' eclissano in ogni rivoluzione; ma il quarto à un'orbita cotanto inclinata che, nella sua opposizione a Giove, due anni sopra sei egli non cade nell'ombra di questo. Scorgesi da' rapporti singolari che siam venuti rilevando, che per gran numero d' anni almeno i primi tre satelliti non possono esser eclissati contemporaneamente; che, negli eclissi simultanei del secondo e del terzo, il primo è costantemente in congiunzione con Giove e viceversa.

Si è osservato che siffatti eclissi non avean mai luogo d'oriente in occidente, ma al tempo del loro ritorno da occidente in oriente.

Questi eclissi de' satelliti di Giove àn fornito il mezzo, come or ora vedremo, di determinar la velocità della luce. Vedremo altresì come essi sono di grande utilità a' marini per determinar la loro longitudine.

Costituzione fisica di Giove.

Noi abbiam veduto che Giove al pari de' suoi satelliti riceve sua luce dal sole. Quantunque 1470 volte più voluminoso della terra, la sua densità non va oltre al quarto della densità di quella. La sua figura è di uno sferoide depresso sotto i poli. Siffatto schiacciamento che è di 1/14 è un effetto della rapidità del suo moto di rotazione, secondo che dimostreremo parlando della terra. Essendo il suo asse quasi perpendicolare al piano della sua orbita, il sole è pressochè sempre nel piano del suo equatore, di tal che la variazione delle stagioni è poco men che insensibile e le notti son sempre a un dipresso eguali a' giorni.

Il sole sembra a Giove cinque volte più piccolo che a noi e gli manda venti volte meno di calore e di luce. Le sue notti però son cortissime e illuminate da quattro lune brillanti, delle quali almeno una risplende perennemente.

A chi osservi Giove con un buon telescopio scopronsi una moltitudine di zone o fasce d'un colore più bruno del rimanente del suo disco. Esse sono generalmente parallele all' equatore, come egli stesso lo è, per così dire, all'eclittica; ma vanno sotto altri rispetti soggette a grandi variazioni. Talfiata non se ne scorge che una, tal altra sen discernono fino a otto. Qualche volta non son parallele fra loro e sono d' una larghezza variabile. Sovente l' una si restringe intanto che quella che le è prossima si dilata; sicchè diresti che si fondono insieme. Il tempo di lor durata varia: se ne son vedute alcune serbar per tre mesi la stessa forma e delle nuove disegnarsene in un' ora o due. La continuità di queste fasce è talvolta interrotta, il che dà loro l' apparenza di una fenditura. Le macchie e le fasce che vennero osservate il 7 aprile 1792 son rappresentate dalla fig. 26 tav. 2. Si considerano queste como il corpo del pianeta e le parti luminose come nubi trasportate da'venti con diverse velocità e in differenti direzioni.

Saturno ♄ il suo anello i suoi Satelliti.

Osservato a occhio nudo, Saturno ne si porge sotto sembianza d'una nebulosa,

di una luce fioca e smorta, e, sendochè il suo moto è tardissimo, a mala pena si distingue da una stella fissa. Esso presenta parallelamente al suo equatore una serie di fasce analoghe a quelle di Giove, benchè più deboli; e col soccorso di queste fasce venne fatto ad Herschell di determinarne il moto di rotazione sopra sè stesso, il quale compiesi in 10^h 1[2. Esso si muove a 329,000,000 di leghe dal sole, in un'orbita che descrive in 29 anni, 5 mesi, 14 giorni e la cui inclinazione sull'eclittica è di 2° 1[2. Questo pianeta è presso a 900 volte più grosso della terra, e il sole non gli manda che l'ottava parte della luce che dispensa al nostro globo.

Non altrimenti che Giove, Saturno à de'satelliti. Se ne contan sette; sei muovonsi presso a poco nel piano dell'equatore, ma il settimo se ne discosta sensibilmente, essendo l'inclinazione della sua orbita di circa 30°. Si è riconosciuto ch'esso non facea che un sol giro sopra sè stesso durante il tempo di sua rivoluzione, e, benchè non ancò è stato dato scovrire se sia il medesimo per gli altri, l'analogia mena a crederlo; chè quest'eguaglianza di durata de'movimenti di traslazione e di rotazione sembra esser la legge de' pianeti secondari.

La durata della rivoluzione di ciascun de' satelliti di Saturno offre delle differenze rilevantissime. Ecco i loro periodi e le loro distanze.

Il primo opera la sua rivoluzion media siderale nello spazio di

		22^h	37'	25" alla dist.	di leghe 39,878 dal centro di Saturno.
Il 2° gior.	1	08	53	09	51,165
Il 3°	1	21	18	26	63,844
Il 4°	2	17	41	51	81,140
Il 5°	4	12	25	11	113,335
Il 6°	15	22	41	14	262,086
Il 7°	79	07	54	37	765,513

I satelliti di Saturno ànno de'frequenti eclissi che servono, come quelli de' satelliti di Giove, a determinar la longitudine; ma la loro gran distanza ne rende l'osservazione più difficile.

Saturno, già sì notabile per il numero de' suoi satelliti, lo è ancor più per l'anello ond'è circuito, fig. 24 tav. 1. Questo è una fascia luminosa situata nel piano dell'equatore del pianeta, al quale forma una sorta di cintura, ma ne è disgiunta da una distanza eguale alla sua larghezza. Si presenta sotto una forma ellittica più o meno slungata, sotto la quale vien veduto e che si debbe alle diverse inclinazioni che prende il globo di Saturno per rispetto a noi nel suo moto di traslazione. Quando l'anello assume questa forma ellittica, le sue estremità dal lato dell'asse maggiore prendono il nome di *anse* e si può allora, quando l'obbliquità non è troppa, scerner le stelle fra il suo pianeta e lui. Ma, allorchè la sua posizione è tale che il prolungamento del suo piano passa pel centro della terra, esso non ci offre che il suo orlo, e allora l'angolo che sottende è sì piccolo che fa mestieri di uno strumento potentissimo per renderlo visibile. Esso apparisce sotto la sembianza d'un filetto luminoso che taglia il disco del pianeta.

Adoperando de' cannocchiali di gran forza scopronsi sulla superficie dell'anello delle linee nere concentriche le quali paion formare diverse separazioni; ma si distinguon massimamente due anelli di cui Herschell à calcolato le dimensioni. Secondo questo astronomo il diametro interno del minor anello sarebbe di 48,782 leghe e l'esteriore di 61,464; il diametro interno dell'anello maggiore avrebbe una lunghezza di 63,416 leghe e l'esterno di 68,294. Su questi dati vi sarebbe tra Saturno e la circonferenza interna dell'anello posteriore una distanza di 14,444 leghe.

Per mezzo delle macchie dell'anello Herschell à determinato la durata di sua rotazione sul proprio asse che è di 10^h 19' 16". Quest'asse di rotazione è perpendicolare al suo piano ed è lo stesso di quel di Saturno.

La durata di questa rotazione, che pare proprio quella d'un satellite il quale abbia per orbita la circonferenza media dell'anello, è servita al signor Biot per ispiegare come l'anello di Saturno può sostenersi intorno a questo pianeta senza toccarlo, o almanco gli è valuta a poter rannodare questo fatto alla causa generale che sostiene così tutt'i satelliti.

In fatti, ei dice, può considerarsi ciascuna particella dell'anello come un piccol satellite di Saturno e l'anello stesso siccome un ammasso di satelliti congiunti fra loro in modo invariabile.

Se questi corpi fossero liberi e gli uni dagli altri indipendenti, la loro celerità varierebbe con la distanza di essi dal centro del pianeta: i più prossimi a quello andrebbon più rapidi, i più discosti meno; e, se prendasi per termine medio la velocità che conviene alla circonferenza media dell' anello, le velocità delle altre particelle se ne allontanerebbero in più o in meno di una egual quantità. Ora, se le particelle vengono a unirsi e aderire le une alle altre per formar un corpo solido, saravvi una certa compensazione fra i loro movimenti; le più ratte comunicheran parte di loro celerità alle più lente, le quali alla lor volta daranno una porzione di loro lentezza; e, dal vicendevole opporsi degli sforzi nascendo l' equilibrio, non rimarrà salvochè il moto medio a tutte le particelle comune e che sarà quello della circonferenza media. Codesti anelli sosterrannosi intorno a Saturno come la luna intorno alla terra si sostiene, ovveramente come farebbon gli archi di un ponte, se il centro di gravità andasse a cader nel centro degli spigoli.

Questa teorica starebbe tuttavia nel caso l'anello costasse, come pare, di parecchi anelli concentrici e staccati gli uni dagli altri; se non che converrebbe applicarla separatamente a ciaschedun di essi, e allora le durate di loro rotazione esser dovrebbero sensibilmente differenti.

Alcuna volta l' anello di Saturno, proiettandosi sul disco del pianeta, ne cela una parte: tal altra il pianeta alla sua volta toglie con l' ombra sua la vista d' una parte dell' anello. Di ciò segue esser l'anello opaco al pari del pianeta e la luce di entrambi essere accattata.

Herschell o Urano ♅ e i suoi satelliti.

Questo pianeta è di tutti il più distante dal sole e la sua orbita racchiude quella di tutti gli altri. Posto a più di 662 milioni di leghe, esso compie sua rivoluzione in 84 anni. L' inclinazione della sua orbita sull' eclittica non eccede 46' 26". Il periodo di sua rotazione diurna non è stato determinato.

Appena visibile all' occhio nudo, esso presenta al telescopio un color turchiniccio sbiadato. Il suo disco è ben terminato. Esso non riceve dal sole che la 362ma parte della luce che ne viene a noi.

Quando fu scoverto, venne preso sul primo per una cometa; ma la sua prossimità all' eclittica fecelo tosto riconoscer per un pianeta. Fino allora lo si era riguardato come una stella fissa.

Herschell, il quale riconobbelo per un pianeta, scovrì anche sei satelliti che gli circolano intorno pressochè nel medesimo piano. Ecco i periodi delle loro rivoluzioni e le loro distanze.

Il primo compiè la sua rivoluzion siderale nello spazio di

	gior. 05	21^h	25'	21"	alla dist. media di	47,718 leghe.
Il 2°	08	16	57	47		96,940
Il 3°	10	23	3	59		129,572
Il 4°	13	10	56	30		129,572
Il 5°	38	01	48			259,162
Il 6°	107	16	39	56		518,254

I quadri segnenti esibiranno sotto un sol colpo d' occhio tutti i particolari di volume, di massa, di densità, di distanza, di velocità, d' inclinazione ec. dei pianeti relativamente gli uni agli altri.

Distanze de' pianeti del sole.

Mercurio	13,361,000 *l.*
Venere.	24,966,000 —
La Terra	34,515,000 —
Marte	52,390,000 —
Vesta	81,530,000 —
Giunone	91,278,000 —
Cerere	95,532,000 —
Pallade.	95,892,000 —
Giove	179,575,000 —
Saturno	329,200,000 —
Urano	662,144,000 —

Diametro del sole e de' pianeti, preso quel della terra come 1.

Il Sole	109,93
Mercurio	0,39
Venere	0,97
La Terra.	1,00
La Luna.	0,27
Marto	0,52
Vesta	Ignoti
Giunone	Ignoti
Cerere	Ignoti
Pallade	Ignoti
Giove.	11,56

Saturno	9,61
Urano	4,26

Volumi del sole e de' pianeti, preso quel della terra come 1.

Il Sole	1,328,460
Mercurio	0,1
Venere	0,9
La Terra	1,0
La Luna	0,02
Marte	0,2
Vesta	ignoti
Giunone	ignoti
Cerere	ignoti
Pallade	ignoti
Giove	1470,2
Saturno	887,3
Urano	77,5

Masse del sole e de' pianeti, presa quella della terra come 1.

Il Sole	337,086
Mercurio	0,1664
Venere	0,9452
La Terra	1,
La Luna	0,017
Marte	0,1324
Vesta	ignote
Giunone	ignote
Cerere	ignote
Pallade	ignote
Giove	315,8926
Saturno	120,0782
Urano	17,2829

Densità del sole e de' pianeti, presa quella della terra come 1.

Il Sole	0,23624
Mercurio	2.879646
Venere	1,04701
La Terra	1
La Luna	0,715076
Marte	0,930736
Vesta	ignote
Giunone	ignote
Cerere	ignote
Pallade	ignote
Giove	0,24119
Saturno	0,095684
Urano	0,020802

Numero di piedi per ogni secondo che un corpo percorrerebbe cadendo alla superficie del sole e de' pianeti.

Sopra il Sole	429
— Mercurio	12
— Venere	18
— La Terra	16
— La Luna	3
— Vesta	ignoto
— Giunone	ignoto
— Cerere	ignoto
— Pallade	ignoto
— Giove	42
— Saturno	15
— Urano	4,2

Tempo di rotazione sull' asse del sole e de' pianeti.

Il Sole	25g 12h 0' 0"
Mercurio	1 0 4 0
Venere	0 23 21 0
La Terra	1
La Luna	27 7 44 0
Marte	0 10 39 22
Vesta	ignoto
Giunone	ignoto
Cerere	ignoto
Pallade	ignoto
Giove	0 9 56 37
Saturno	0 10 16 02
Urano	ignoto

Tempi delle rivoluzioni siderali.

Mercurio		87g 23h 14' 30"
Venere		224 16 41 27
La Terra		365 5 48 49
Marte		686 22 18 27
Vesta, anni	3	66 4 0 0
Giunone	4	128 0 0 0
Cerere	4	220 2 0 0
Pallade	4	220 16 0 0
Giove	11	315 12 30 0
Saturno	29	161 4 27 0
Urano	83	29 8 39 0

Parallassi annuali.

Mercurio	126° 14
Venere	139 9
La Luna	27 1
Marte	18 6
Giove	9 59
Saturno	5 42
Urano	2 55

Inclinazione dell' orbita sulla eclittica.

Mercurio	7° 78'
Venere	8 76
La Luna	5 71
Marte	1 85
Vesta	7 15
Giunone	31 05
Cerere	10 62
Pallade	34 60
Giove	1 46
Saturno	2 77
Urano	0 86

Inclinazione dell' asse sull' orbita.

Il Sole	82°	50'
Mercurio	»	»
Venere	»	»
La Terra	66	52
La Luna	88	50
Marte	64	30
Vesta	ignota	
Giunone	ignota	
Cerere	ignota	
Pallade	ignota	
Giove	89	43
Saturno	60	
Urano	»	»

Leghe percorse in 1".

Mercurio	635
Venere	485
La Terra	412
La Luna	14 (rel. alla Terra.)
Marte	329
Vesta	»
Giunone	»
Cerere	»
Pallade	»
Giove	177
Saturno	132
Urano	93

Satelliti di Giove.

Distanze medie, preso il semidiametro del pianeta come 1.		Durate delle rivoluzioni.		Masse de' satelliti presa quella del pianeta per unità
1° Satellite	6,0485	gior.	1,7691	0,000017
2° »	9,6235		3,5512	0,000023
3° »	15,3502		7,1546	0,000088
4° »	26,9983		16,6888	0,000043

Satelliti di Saturno.

Distanze medie, preso il semidiametro del pianeta come 1.		Durate delle rivoluzioni.	
1° Satellite	3,35	gior.	0,943
2° »	4,30		1,370
3° »	5,28		1,888
4° »	6,82		2,739
5° »	9,52		4,517
6° »	22,08		15,945
7° »	64,36		79,330

Satelliti di Urano.

	Distanze medie preso il semidiametro del pianeta come 1.	Durate delle rivoluzioni.
1° Satellite	13,12	gior. 5,893
2° »	17,02	8,707
3° »	19,85	10,961
4° »	22,75	13,456
5° »	45,51	38,075
6° »	91,01	107,694

Ottava lezione

—

Leggi di Keplero.

Noi ci siam contentati, in trattando de' pianeti, di dire che essi descrivono attorno al sole delle curve ellittiche più o meno allungate; ma non ancò abbiam cercato i mezzi di determinar queste orbite; non ne abbiam neppure studiata la natura.

Le curve descritte da' pianeti fanno tutte col piano dell' eclittica un angolo più o meno grande; per conseguenza tutte lo tagliano in due punti esattamente opposti che sono i nodi.

La linea che gli unisce è la linea dei nodi. Questa linea determina la traccia del piano dell' orbita sull' eclittica.

Supponiamo adesso che un osservatore sia situato nel sole, ei gli sarà agevole di conoscer l'istante preciso del transito del pianeta pe' suoi nodi, il quale sarà quando egli lo vedrà sulla linea che passa pel nodo e pel centro del sole. Per l'osservatore collocato sopra la terra, cioè a dire fuori del centro del sistema planetario, ei può ben cogliere l' istante del passaggio de'nodi, però non gli vien dato vederli quando son costantemente l'uno all'altro opposti, stantechè la retta che li congiunge prende successivamente diverse inclinazioni per effetto del moto del sole. Nondimeno avviene talvolta benchè assai di rado, che il sole e la terra stando in sulla medesima linea, il pianeta che vuolsi osservare trovasi del pari sul prolungamento di quella. Allora esso si vede sullo stesso punto che il sole; si può fissare la sua longitudine, e bastan parecchie osservazioni simili per determinar se il nodo del pianeta risponde sempre alla stessa longitudine vista dal sole.

Conosciuto il nodo, per determinar l'inclinazione si attende che il sole abbia la medesima longitudine del pianeta; e allora ottiensi la latitudine dell'astro, donde si deduce la inclinazione del piano dell' orbita.

Ottenuti questi dati, per trovar la natura della curva, misurasi la durata d'una rivoluzione intiera, il che si fa col fissare un punto de' nodi, per esempio, e computare il tempo che corre fra due passaggi successivi dell' astro per lo stesso punto.

Ottenuta per tal fatta la durata del movimento, più non rimane che fissare, mediante le opposizioni e le congiunzioni, il moto angolare del pianeta.

Quando saranno così tracciate le orbite de' pianeti, si riconoscerà:

1. *Che gli astri muovonsi tutti in ellissi di cui il sole occupa un foco.*

2. *Che il moto è tanto più rapido quan-*

to più il pianeta è prossimo al sole, di modo che il raggio vettore descrive sempre in un tempo dato delle superficie eguali.

3. *Che i quadrati de' tempi delle rivoluzioni sono tra loro come i cubi degli assi maggiori delle orbite.*

Queste son le tre leggi di Keplero, le quali servon di base a tutta l'astronomia. Vedremo or ora come esse racchiudano in germe la legge generale dell'attrazione. Queste belle leggi, verificate per tutti i pianeti, sonosi trovate sì perfettamente esatte che non si esita ad inferir le distanze de'pianeti dal sole dalla durata delle loro rivoluzioni siderali: e si comprende offrir questo modo di valutazione delle distanze una grande esattezza, giacchè egli è sempre facile di determinar con precisione il ritorno di ciascun pianeta in un punto del cielo, ovechè è difficilissimo di calcolar direttamente la sua distanza dal sole.

Attrazione universale.

Le leggi di Keplero che avean renduto all'astronomia un tanto servigio, scovrendo i rapporti maravigliosi de' movimenti celesti, doveano spinger le menti all'investigazione delle cause che a siffatti movimenti presiedono. Questa scoverta era riserbata al genio di Newton. Noi non istarem qui a ridire come egli vi fu condotto meditando sulla causa che avea fatto cadere a' suoi piedi una pera; causa la cui sfera d'azione egli ebbe l'idea luminosa di estender fino agli astri. Nè tampoco entreremo nei particolari straboccanti di calcoli, per mezzo di cui giunse a stabilir quella causa generale. Sì noi ci conterremo alla sposizione delle conseguenze che dalle leggi di Keplero egli dedusse.

Dall'esser le aie descritte da' raggi vettori proporzionali a' tempi trae Newton questa conseguenza appoggiata sul calcolo, *che la forza che mena i pianeti è diretta verso il centro del sole.*

Dall'esser le orbite de' pianeti delle ellissi, di cui il sole occupa un de' fuochi egli inferisce che *la forza la quale anima gli astri è in ragione inversa del quadrato della distanza dal loro centro a quello del sole.*

Finalmente da che i quadrati de' tempi delle rivoluzioni sono tra loro come i cubi degli assi maggiori delle orbite egli deduce questa conseguenza: che *la forza è proporzionale alla massa.* Da tutti siffatti risultati si deduce esser il sole il centro d'una potenza attrattiva che opera in virtù delle leggi per noi statuite.

Newton, il quale avea preso le mosse dall' attrazione esercitata dalla terra sui corpi che stanno alla sua superficie per estender quest' attrazione fino alla luna, dovea conchiudere per analogia che, poichè gli altri pianeti ritengono anche i loro satelliti nelle proprie orbite, deggion essi possedere, non altrimenti che la terra, una forza attrattiva, e che non può esser se non una forza della stessa natura, la quale dà al sole il potere di far circolare a sè d'intorno tutti gli astri del suo sistema. Sicchè tutt' i corpi che girano attorno al sole son dotati come lui del potere dell' attrazione; e portando più oltre l'analogia, si verrà a questo risultamento generale che la fisica s'à appropriato, e che la sfericità dei corpi celesti avrebbe potuto far presumere, cioè: che tutte le molecole della materia attiransi vicendevolmente in ragion diretta delle masse ed inversa del quadrato delle distanze.

Ma posciachè la forza d'attrazione, s'ella esistesse sola, non tenderebbe che a riunire in una singula massa tutt' i globi della natura, Newton à supposto che i corpi celesti avean ricevuto primitivamente un impulso in linea retta e che dalla combinazione di queste due forze nasce il moto curvilineo.

Difatti, se il corpo A, fig. 32. tav. 2, sia proiettato lungo la retta ABX nello spazio libero, ove non incontri resistenza di sorta la quale indebolisca l'impulso ch' esso à ricevuto, continuerà indefinitamente a muoversi con la stessa celerità e nella medesima direzione. Ma, se, giunto in B, venga attirato da S con una forza conveniente e perpendicolare al moto di esso, il corpo uscirà dalla retta ABX e descriverà attorno a S il cerchio BYTU. Perchè il corpo descriva siffattamente un cerchio, ei si richiede che la forza proiettile sia eguale a quella ch' esso avrebbe acquistata per la sola gravità, cadendo secondo il mezzo raggio del cerchio. Quindi affinchè il corpo, pervenuto in B, descriva il cerchio BYTU, convien che sia attirato da S in guisa da cascar da B in Y, metà del raggio BS, nel tempo che porrebbe ad andar di B in X per lo solo effetto della forza di proiezione. A sarà, se vogliasi, un pianeta ed S il sole.

Ma, se, nell' atto che la forza proiettile porterebbe il pianeta di B in *b* l'attrazion solare facesselo discender da B in 1, la potenza di gravitazione sarebbe proporzionalmente più ragguarde-

vole che nel primo caso e il pianeta descriverebbe la curva BC. Arrivato in C, la gravitazione, la quale aumenta in ragion reciproca del quadrato delle distanze, sarebbe ancor più forte che in B e farebbe scendere ancor più il pianeta per forma da fargli descrivere gli archi BC, CD, DE, EF in tempi eguali. Il pianeta adunque moverebbesi con assai maggior rapidità di prima, onde acquisterebbe una maggior tendenza a scorrer lungo la tangente *Kk*, o, in altri termini, una maggior forza proiettile, la quale sarebbe energica quanto bastasse a vincer la forza d'attrazione e impedire al pianeta di cader verso il sole o eziandio di muoversi nel cerchio *Klmp*. Cotalchè il pianeta s'allontanerebbe seguendo la curva *Klmp*, ma la sua rapidità di K in B gradatamente decrescerebbe così come si sarebbe aumentata da B in K, dachè l'attrazione solare eserciterebbesi di presente in senso contrario. Ritornato in B, dopo di aver perduto da K in B l'eccesso di velocità acquistato da B in K, ubbidirebbe alle stesse forze e descriverebbe la medesima curva.

Una forza proiettile doppia si equilibra con una forza attrattiva quadrupla. Supponiamo in effetti che il pianeta in B abbia verso X un impulso equivalente a due, cotanti di quello ond' era prima animato, val dire che passi di B in *c* nel tempo che metteva ad andar di B in *b*. In questo caso sarà bisogno d'una forza di gravità quadrupla per mantenerlo nella sua orbita, cioè d'una forza atta a farlo cascar di B in 4 nel tempo che la forza proiettile avrebbe messo a trasferirlo da B in *c*; altrimenti non potrebbe esso descriver la curva BD secondo che addita la figura.

Sendochè i pianeti s'appressano e allontanan dal sole ad ogni rivoluzione, può incontrarsi qualche difficoltà a concepir come nel primo caso non gli si appressino sempre più fino a confondersi con esso lui, e nel secondo non se ne allontanino tanto da non più ritornare; ma tal difficoltà svanisce qualora studiisi l'azione delle forze e la loro intensità rispettiva nel caso in quistione. Il pianeta, abbiam detto, mosso da una forza proiettile che il trasferirebbe da B in *b* nel tempo che il sole farebbelo cader di B in 1, sottoposto all'azione di queste due forze, descrive la curva B*b*. Ma quando il pianeta sarà in K, come agiranno elle queste due forze? KS essendo eguale alla metà di BS, il pianeta sarà due volte più prossimo al sole: l'azione della gravità sarà adunque quattro volte più grande giusta il principio dianzi enunciato. Conseguentemente essa tenderà a far cadere il pianeta da K in V nello stesso tempo che tendeva a farlo cader di B in 1, essendo KV = al quadruplo di B1. Ma la forza proiettile tende a portare nel tempo stesso il pianeta da K in *k*, spazio doppio di B*b* come vedesi dalla figura; adunque questa forza proiettile è doppia di ciò che era in B. Or noi abbiam visto più su, una forza proiettile doppia sempre equilibrarsi con una forza attrattiva quadrupla; l'equilibrio dunque tra le due forze non sarà mica disturbato e il pianeta seguiterà il suo cammino da K in *k* secondo la risultante delle due forze. Quando sarà tornato in B, troverassi di nuovo subordinato alle due forze che gli àn fatto descrivere una prima volta la sua orbita, e, come queste forze agiranno con la medesima intensione di prima, esso descriverà indefinitamente la stessa curva.

Ecco il gran principio dell'attrazione universale. Esso è tanto esatto che non v'à perturbamenti, non deviazioni pur menome che esser possano, delle quali non renda ragione con una precisione la più rigorosa. Gli astronomi ànno in questo principio una fede sì piena che qualora le osservazioni non s'accordan co' risultamenti del calcolo, credon più volentieri proceder l'errore dell'obblianza di qualche circostanze anzichè infirmare la dottrina dell'attrazione: e per vero si finisce maisempre con riconoscerne la causa.

Delle masse planetarie.

Con l'aiuto del medesimo principio dell'attrazione si è pervenuto a conoscere la massa e la densità del sole e de' pianeti; densità e massa che noi abbiam date a suo luogo con tutte le altre nozioni che si posseggono su' globi del nostro sistema. E difatti, poichè la velocità di rivoluzione de'satelliti dipende dal potere attrattivo del pianeta, si posson dedurre le lor masse dalle velocità loro. Se il pianeta non à satellite, la sua massa si determina dalle perturbazioni che l'astro produce.

Conosciuti una volta la massa e il volume, è agevole ottener la densità: basta dividere la massa per lo volume.

Cavendish à determinata la massa del nostro globo mercè un altro metodo, comunque sempre fondato sul principio dell'attrazione. Prese egli un filo tenuissimo e non teso, all'estremo del quale era sospeso un ago suscettibile di cedere alla più debole attrazione. Vicino a

quest' ago collocò una sfera di piombo, la quale, esercitando la sua attrazione sull' ago, fecegli subir delle oscillazioni di cui egli valutò la durata. Comparandole poi a quelle del pendolo sottoposto all' azione della gravità terrestre, ei ne dedusse il rapporto della forza d'attrazione della sfera di piombo a quella della gravità, e trovò siffattamente il rapporto della massa della sfera di piombo a quella della terra.

Per ultimo noi vedremo, trattando della terra, come l' attrazione à fornito i mezzi di determinarne le misure con una precisione che vanamente si cercherebbe nelle osservazioni fatte sui luoghi.

Nona lezione

—

La Terra ♁

Se in occuparci de' pianeti non abbiam trattato della terra al luogo che le abbiamo assegnato, gli è che volevamo, per farlo completamente, acquistar prima le nozioni che ci erano indispensabili.

Noi studieremo successivamente la figura, le dimensioni e il movimento della terra.

Figura della terra.

Ingannati dall'illusion de' sensi, gli uomini risguardaron lunga pezza la terra come un piano senza limiti: a poco a poco le osservazioni vennero distruggendo un error siffatto. Fu notato nelle contrade piane dell' oriente, che, avvicinandosi agli obbietti elevati e posti a una gran distanza, se ne scorgea da prima la sola sommità, poscia le parti meno alte ed ultimamente la base. Questo fenomeno non poteva esser l'effetto di accidentalità del terreno o di circostanze particolari, chè lo si avvertiva in tutte le direzioni e tanto più sensibilmente quanto l'atmosfera era più pura. Ancora, esso manifestavasi sul mare, e questo era un argomento più concludente, posciachè quivi non v'àuno disuguaglianze nè ostacoli, tutto è a livello, e la superficie del mare seguir debbe di necessità la figura del globo. E per fermo a tutti è noto che, quante volte un vascello si dilunga dal lido, le sue parti inferiori scompaion le prime, poi successivamente quelle che son più elevate ed in ultimo luogo le cime degli alberi: i naviganti medesimi, allorchè son presso a toccar il porto, non iscopron da prima che la sommità degli oggetti più elevati, e vedon le parti inferiori a misura che più s'accostano. Posteriormente la convessità del globo è stata dimostrata a ridondanza sia dai lunghi viaggi impresi da arditi navigatori, i quai dopo fatto il giro della terra son ritornati al punto onde avean mosso in una direzione opposta a quella presa nel partire, sia dalle osservazioni astronomiche, tra cui quella della forma circolare dell'ombra proiettata dalla terra sul disco della luna, quando questa è eclissata, sia infine da alcune operazioni le quali àn servito a determinar le dimensioni del globo, come la direzione del filo a piombo nelle varie stazioni. La terra è dunque presso a poco sferica: diciamo *presso a poco*, giacchè vedremo quanto prima ch' essa à la figura d'una sfera, però depressa, verso i poli e rigonfia verso l'equatore. Verremo acquistando questi dati col cercar di determinare le sue dimensioni, e vedremo più tardi esser quella forma un effetto del suo moto di rotazione.

Dimensioni della terra.

Poichè la terra à sensiblimente la forma d'una sfera, se noi conoscessimo la lunghezza d'un solo de' suoi gradi, moltiplicandola per 360 otterremmo la circonferenza, epperò il diametro, la superficie e il volume della terra.

L'operazione dunque riducesi per noi alla determinazione di un grado terrestre. Or per giungere a questa determinazione in un modo pratico, ecco il metodo che s' è seguito. Si è preso sulla terra uno spazio tale che le normali determinate col mezzo del filo a piombo e menate a due estremi di esso spazio corrispondessero a due stelle separate fra loro d'un grado, e così s'è avuto un grado terrestre. Si comprende bene che nulla impedirebbe che si prendesse sulla terra uno spazio maggiore o minore d'un grado; chè una semplice proporzione darebbe sempre la lunghezza esatta del grado. Riman dunque da misurare in un modo preciso le basi così scelte. Una cotal misura vien data con un'incredibile precisione mercè metodi trigonometrici che qui ci è tolto di esporre.

Questa determinazion pratica de' gradi terrestri à confermato la depressione della terra a' poli e il suo gonfiamento all' equatore. In fatti il grado o lo spazio che s'à a percorrere tra due verticali per a-

vere un grado non è punto lo stesso in tutte le latitudini: esso è tanto più lungo per quanto più s'approssima a' poli; è al suo minimo sotto l'equatore; il che dinota troppo evidentemente uno schiacciamento de' poli, e non mica un allungamento, come per uno strano errore erasi da prima inferito.

La misura di questo schiacciamento dedotta dalle operazioni è dato 1/306 cioè che il diametro polare è di 1/306 più piccolo del diametro equatoriale. Il menisco o gonfiamento dell' equatore è quasichè di cinque leghe di spessezza.

Queste misure son date matematicamente da' movimenti della luna con molto maggior precisione che non si son potute determinare su' luoghi.

La gravitazione è pure somministrato il mezzo di dedurle dalle oscillazioni del pendolo, le quali variano a' diversi punti del globo con la forza di gravità. Ecco le misure precise delle dimensioni della terra in leghe di 2, 280 tese:

Semidiametro dell' equatore. . .	1435 l. ovvero	3, 271, 864 t.
Semidiametro del polo	1430 .	3, 261, 265
Semidiametro corrispondente a 45°	1432 .	3, 266, 611
Depressione	4, 65 .	10, 600
Lunghezza di un grado del meridiano preso nel mezzo dello spazio che separa il polo dall'equatore	25 . .	57, 000
Quadrante del meridiano di Parigi.	2250, 3	5, 130, 740

Il grado dell' arco del meridiano di cui abbiam dato il valore è stato preso nel mezzo dello spazio che intercede fra 'l polo e l'equatore. Quello il qual risulta dall' arco del meridiano che attraversa la Francia da Dunkerque a Barcellona e che è stato prolungato sino all' isola Formentera, espresse in misure itinerarie di diversi paesi, offre i seguenti risultati.

La lega geografica di Francia è di 25 al grado; la lega marina è di 20 ovvero di 2,850 tese; ciascuna lega marina vale 3 minuti di grado terrestre; 1/3 di lega vale un miglio o un minuto dell' equatore, gli è il miglio d'Inghilterra o d'Italia: la lega di Spagna o d'Olanda, il miglio d'Alemagna son di 15; quello di Svezia è di 12; quello d'Ungheria di 10; finalmente il werste di Russia e di 90 al grado.

La superficie intera del globo terrestre è di 25.790,440 leghe quadrate (cioè presso a 148 miliardi di arpenti), di cui i tre quarti son coverti dal mare, e del rimanente appena una metà (circa 5 milioni di leghe quadrate) è abitata.

In questo cenno sulle dimensioni della terra noi non abbiam toccato le ineguaglianze della sua superficie; imperocchè le più alte montagne possono effettivamente considerarsi come insensibili rispetto al volume del globo, e la sua superficie, malgrado le scabrosità che presenta, può comparativamente risguardarsi come di lunga mano più unita della corteccia d'una melarancia.

Moto della terra.

Stabilita la sfericità della terra, conosciute le sue dimensioni, occupiamoci del suo movimento. Ci faremo dal dimostrare ch' essa gira sopra sè medesima, dimostreremo dappoi com' ella è inoltre animata da un moto di trasferimento nello spazio.

Rotazione diurna della terra.

Tutta la sfera celeste sembraci girare in ventiquattro ore attorno alla terra: questo spettacolo è reale, ovvero è egli per avventura un' illusione?

Innanzi tratto, se si confronti la terra non direm solo co' globi del nostro sistema, sibbene con quell'immensità di stelle che abbiam veduto esser altrettanti sole e probabilmente centri di altrettanti sistemi planetari, si riconoscerà non esser essa che un punto impercettibile allato a quelle masse enormi e parrà senza fallo maraviglioso che un atomo sia il centro intorno al quale vengano a circolar tanti globi di così ingente grandezza. E lo stupore sarà ancor più grande, qualora pongasi mente alla incredibile celerità che aver dovrebbero siffatti corpi per descrivere in tanto breve tempo de'cerchi incommensurabili: e, dovendo essa celerità aumentare coll' allontanamento, sarà mestieri ammettere che la terra attragga tutti gli astri con una forza tanto più grande quanto da essa son quelli più discosti, il che è un assurdo.

Si sarà dunque costretto alla vista di tali conseguenze di rigettare l'opinione

che vi conduce e si chiederà se quella rivoluzione apparente de' cieli non potrebbe esser l'effetto d'una illusione dei nostri sensi. Per tal modo si verrà a dover supporre il movimento della terra, e, questo ammesso, i fenomeni si spiegheranno ad una con logica e con facilità.

Difatti, accompagnando il globo nella sua rotazione, noi crediam restare immobili, nell'atto che gli astri ci paion camminare nella direzione opposta a quella che noi seguiamo. Simigliantemente, posti in una vettura o sopra un vascello estimiamo veder gli obbietti trasportati lungi da noi con un moto la cui rapidità è in ragion della loro vicinanza: l'illusione è tanto più forte quanto la celerità più s'aumenta; e, a quella guisa che la ciurma del bastimento non avverte il moto che la trasporta, del pari noi siamo insensibili a quello della terra che si muove con assai maggior rapidezza e senza mai incontrare ostacolo nè resistenza.

Renduto così il moto di rotazione della terra altamente probabile per la spiegazion naturale e facile ch'esso dà de' fenomeni e per l'evidente assurdità della contraria ipotesi, ei ci avanza a provarlo direttamente.

Si è preteso che, se la terra girasse, un corpo lanciato in aria dovrebbe ricascar più indietro, che una pietra gittata dall'alto d'una torre non dovrebbe altrimenti cadere appiè dell'edifizio, postochè la terra avrebbe camminato durante il tempo della caduta. Questo è un errore; conciossiachè l'esperienza prova che un corpo proiettato partecipa al movimento di chi lo proietta. Indi è che una persona che stia sur un vascello scaglia in aria un corpo che riprende facilissimamente, e che crede gettar verticalmente qualora, visto dalla riva, il corpo è proiettato obbliquamente in avanti. A tutti è noto che una pietra, lasciata dall'alto d'un albero d'un vascello in cammino cade appiè dell'albero come se il legno stesse in riposo; e che una bottiglia d'acqua capovolta e sospesa al di sopra della *cabina* si vuota a goccia a goccia e ne riempie un'altra situata giusto sotto di essa, tuttochè il bastimento percorra parecchi piedi nel tempo che ciascuna goccia pone a cadere.

Ma evvi di più, e noi dedurremo anche da ciò una pruova matematica del moto di rotazione della terra. Di due corpi descriventi nel tempo stesso due circonferenze disegualmente lontane dall'asse di rotazione, quello che percorre la più distante, epperò la maggiore, dee muoversi con più rapidità dell'altro. Supponiam dunque che dalla cima d'una torre molto elevata si abbandoni un corpo a sè stesso. Siccome la sommità della torre, percorrendo una curva più grande che il suo piede, perchè è più lungi dall'asse di rotazione, à un moto più rapido, essa comunicherà questo moto al corpo che lasciasi cadere, e non seguirà la direzione del filo al piombo, sibbene devierà verso oriente.

E questo lo dimostra l'esperienza nel modo più convincente.

Un'altra dimostrazione del moto di rotazione della terra si desume dalla trasmissione della luce. Innanzi d'imprenderla, fermiamo che questo agente non si muove già istantaneamente, ma pone un certo tempo a scorrer lo spazio.

Galileo s'era proposto di risolvere sperimentalmente questo problema. Per giugnervi avea egli immaginato una lanterna munita d'un paralume mobile e da potersi far cadere in guisa che intercettasse di botto la luce. Ei si condusse con una lanterna di tal genere sulla vetta di una montagna, intantochè un'altra persona, munita di altra simile, si collocò sopra un'altura vicina. Galileo gli avea raccomandato di far cadere il suo paralume nell'istante medesimo in che vedrebbe disparir la luce dell'altra lanterna. Faceva egli ragione che, se la luce non movessesi che progressivamente, alcun tempo sarebbe interceduto tra il momento in che colui avrebbe fatto cadere il suo paralume e quello in cui avrebbe veduto l'altra lanterna spegnersi. Ma egli s'ingannava, giacchè i due lumi scomparivano nell'istante medesimo. Da ciò conchiuse, i raggi luminosi muoversi istantaneamente. Vedremo or ora come siffatta conseguenza erronea procedeva da che egli non agiva sopra una grande scala.

Sia S il sole, fig. 15 tav. 1, T la terra, G Giove al momento dell'opposizione e G' Giove al momento della congiunzione. Se si osservino due immersioni d'un satellite di Giove, l'una all'opposizione e l'altra alla congiunzione e poscia si replichi l'operazione in senso inverso, cioè si osservi un'immersione alla congiunzione e l'altra all'opposizione; il tempo che sarà corso fra le due prime immersioni osservate sarà più lungo di quello che separa le ultime due e il divario sarà di 16' 26". Or siffatto divario non può esser originato se non dal tempo che occorre perchè le immersioni della congiunzione sieu visibili, vai dire dal tempo necessario alla luce per venir di G' in T; e, come le operazioni sono state fatte in or-

dine inverso, la differenza 16' 26" esprime il tempo che la luce à posto per venir di G' in T, o in altri termini 16' 26" è il tempo richiesto alla luce affinchè percorra il diametro massimo dell'orbita terrestre, il quale è di 68 milioni di leghe. La luce dunque si muove con una velocità di circa 70,000 leghe il secondo.

Stabilita la trasmissione della luce, deduciamone la nostra dimostrazione della rotazione della terra.

Se la terra è immobile, noi non dobbiamo veder gli astri al momento in cui giungono sull'orizzonte o al meridiano, ma soltanto dopo il tempo che fa mestieri ai raggi luminosi ch'essi tramandano per arrivar sino a noi.

Se per contro la terra gira, debbonsi veder gli astri nel momento stesso del loro arrivo sia al meridiano sia all'orizzonte; chè per effetto del moto di rotazione l'occhio verrà a situarsi sulla linea de' raggi tramandati dagli astri da tempo più o men lungo e giungenti in questo momento a' punti dello spazio che traversa il nostro orizzonte.

Or noi veggiam pure gli astri all' istante del loro arrivo. Ciò che la pruova si è che i passaggi pel meridiano di Marte, ad esempio, sarebbero sempre più ratti o sempre più lenti a seconda che quel pianeta s' appressa o si dilunga da noi, qualora noi nol vedessimo al momento del suo arrivo: ma nulla di ciò si osserva; convien dunque che la terra giri.

La terra avendo presssochè 9 mila leghe di ambito, i diversi punti dell'equatore percorrono in ventiquattro ore un cerchio di pari dimensioni, val quanto dire intorno a un decimo di lega ogni secondo: ch'è la velocità di una palla di cannone.

Posciachè la terra gira, essa è, como tutt'i corpi che obbediscono a un simile movimento, dotata di una forza centrifuga la cui intensione, secondo l'esperienza e il computo, è in ragion del quadrato della rapidità di circolazione. Da ciò segue che sotto l'equatore la forza centrifuga sarà al suo minimo e sarà nulla sotto i poli. Quindi la intensione della gravità sarà minore sotto l'equatore che sotto i pòli, e ciò va dimostrato dalle oscillazioni del pendolo, quando lo si dimena dall'un di que'punti all'altro. Ma non vuolsi dimenticare come la differenza per tal mezzo ottenuta non è da aggiudicar soltanto all'azione della forza centrifuga, chè noi abbiam veduto esser l'allontanamento dal centro più considerevole all'equatore che a'poli, e sappiamo l'attrazione operare in ragion reciproca del quadrato delle distanze.

Ci sarà agevole ora di renderci conto della ragione per la quale i poli si son depressi laddove l' equatore si è gonfiato.

La terra al pari di tutt'i pianeti à dovuto esser primitivamente fluida; almeno è una opinione che le osservazioni e la teorica s'uniscono a confermare e che è generalmente ammessa al dì d'oggi. Ciò posto, diamo alla terra il suo moto di rotazione intorno ad AB, fig. 16 tav. 1. Le molecole che trovansi nel canale AB, cioè sulla linea de'poli, non son dotate di veruna forza centrifuga e conseguentemente nulla perdon del loro peso. Quelle all'opposto le quali empiono il canale BC soggiacciono all'azione della forza centrifuga che paralizza in parte l'attrazione, e sono proporzionalmente più leggiere; onde abbisognerà una quantità maggiore per mantener l'equilibrio.

È agevole d'immaginare uno sperimento il quale dimostri che la velocità d'un moto di rotazione produce uno sferoide schiacciato come quello della terra. Sieno due strisce di cartone o d'altra materia flessibile; curvatele in cerchi e montatele sopra un asse come nella figura 24, tav. 1., affinchè possano girar con quello. Fatele girar lentamente mediante la manovella G, ed esse non subiranno niun cambiamento nelle loro forme; ma, se loro imprimete un moto rapido, i lor poli si deprimono e i cerchi allunganai verso i lati.

Moto annuo della terra.

Abbiam veduto la terra girar sopra sè medesima in 24 ore, e l'apparente rivoluzione della sfera esser l' effetto puramente di un'illusione. Rimanci ora a investigare se il moto annuo del sole è reale o s' egli è eziandio un' apparenza dovuta al traslocamento della terra, giacchè abbiamo imparato a diffidare dell'attestato de'nostri sensi.

Ma facciamoci dal descriver questo movimento. Se si osservi tutti i giorni il sole, lo si scorge avanzar ogni 24 ore di circa un 1° verso l'oriente. Ora 1° risponde a 4 minuti di tempo, dunque il sole giunge 4 minuti più tardi nel piano del meridiano; di sorta che in termine di 90 di arriverà sei ore più tardi della stella con la quale in prima contemporaneamente arrivava. Elassi 180 giorni, saran nel piano del meridiano entrambi a un tempo, ma l'una starà nel piano superiore e l' altro nel piano inferiore. Finalmente in capo a 365 giorni 1/4, ritroverannosi insieme al meridiano. La linea che avrà tracciata il sole in questo movimento è l'eclittica, il cui piano e in-

clinato sull'equatore per 23° e 28'. I punti più elevati dell'eclittica àn ricevuto il nome di solstizi, dachè il sole sembra in tai punti sostare, e gli equinozi, val dir l'epoca nella quale i giorni sono eguali alle notti, àn luogo allorchè il sole sta nel piano dell'equatore, il che succede due fiate l'anno.

Siffatto è il cammino che il sole sembra seguire nel corso d'un anno. Ma il suo movimento è egli reale o pur no? Non è piuttosto la terra che percorre l'eclittica e dà luogo alle apparenze che noi veggiamo?

E sulle prime, se si voglia lasciarsi condurre alle induzioni dell'analogia, si riconoscerà com'egli è ben più naturale di ammetter che la terra, a cui il solo moto di rivoluzione mancherebbe per prender posto fra'pianeti, sia realmente di esso moto fornita anzichè veder che il sole venga con tutto il corteggio de'suoi pianeti, a circolare intorno alla terra, infrangendo le leggi dell'attrazione. Ma questa probabilità già sì grande del moto di traslazione della terra toccherà l'ultimo grado della certezza, quando noi dedurremo dall'osservazion de'fenomeni ch'essa spiega così naturalmente delle dimostrazioni che toglieran tutti i dubbi.

Come render conto difatti, nell'ipotesi dell'immobilità della terra, del fenomeno delle stazioni e retrogradazioni de'pianeti? E qual cosa più naturale di questa spiegazione nell'ipotesi contraria?

Noi abbiam veduto, nel far parola dei pianeti, che questi corpi sembran muoversi or d'occidente in oriente, or viceversa e restar talvolta stazionari. Ecco il fenomeno. Or supponiamo che la terra si muova nell'eclittica e veggiamo come andran le cose in questa ipotesi. Sia S il sole, fig. 17 tav. 1, T la terra ed M Marte, per esempio. La terra, movendosi più rapidamente di Marte, sarà in T' quando questo pianeta non sarà che in M'. Adunque Marte in virtù dell'illusione di cui abbiam già parlato sarà parso retrogradare dalla parte di M. Ma, allorchè la terra sarà in T'', la linea che percorrerà, inclinandosi per rispetto a quella che descrive Marte, non darà punto una maggior lunghezza parallela; allora Marte apparirà stazionario. In fine, quando la terra starà in T''', la linea ch'essa traccia inclinandosi ancor più, Marte sembrerà camminare in avanti.

Tale è, nell'ipotesi del movimento della terra, la spiegazion naturale e facile del fenomeno delle stazioni e retrogradamenti; indarno si cercherebbe in qualunque altro sistema.

Bradley, intendendo a determinar la parallasse annua delle stelle fisse, scovrì che queste non sono immobili, bensì paiono descrivere durante il tempo che la terra sta a percorrer l'eclittica, quelle, che son nel piano dell'orbita terrestre, delle linee rette; quelle, che son nel piano ad essa orbita perpendicolare, de'cerchi; e quelle per ultimo, le quali sono in piani intermedi, delle ellissi più o meno slungate secondo ch'elle sono più o men presso all'una o all'altra dello due posizioni indicate. Questo è il fenomeno dell'aberrazion della luce; il quale ne somministrerà una novella dimostrazione del moto di trasferimento della terra nello spazio.

Rammentiamoci anzi ogni altra cosa, la luce impiegare un certo tempo a venir dalle stelle a noi. Ciò premesso, sia CA, fig. 43 tav. 2, un raggio luminoso che cade a perpendicolo in sulla linea BD. Se l'occhio stia in A e in riposo, vedrà l'obbietto nella direzione AC, o che la luce si propaghi o che ella si muova spontaneamente; ma se l'occhio sia in movimento da B verso A, e la luce propaghisi con una velocità che stia a quella del moto dell'occhio come CA a BA, essa andrà di C in A intanto che l'occhio andrà di B in A. Ora ogni particella di luce che fa discerner l'oggetto nell'arrivare all'organo è in C quando l'occhio è in B. Congiungiam dunque i due punti B e C e supponiamo la linea CB sia un tubo inclinato alla linea BD e di tal diametro che ammetter non possa salvo una particella di luce. Egli è evidente cho la particella di luce in C che renderà l'obbietto visibile quando l'occhio, trasportato dal suo moto perverrà in A, passa traverso il tubo BC il quale accompagna l'occhio nel suo moto serbando la propria inclinazione. Or, poichè la particella di luce è arrivata all'occhio attraverso il tubo BC, l'occhio vedrà l'oggetto nella direzione di questo tubo.

Se, in cambio di supporre il tubo estremamente piccolo, noi ne facciam l'asse d'uno più grande, la particella di luce passerà sempre attraverso di quest'asse, quando abbia la conveniente inclinazione. Del pari, se l'occhio procede di D in A, il tubo CD vuol essere inclinato in senso contrario.

Da ciò risulta che, se la terra si muove, noi non veggiam le stelle nella lor posizione reale, sibbene un po' più avanti; e la differenza tra la posizion reale e l'apparente è al seno della loro inclinazion visibile sul piano dell'eclittica come la velocità della terra è a quella della luce.

È agevole di presente concepire, che, ammesso il moto della terra, le stelle fisse deggion offrire il fenomeno avvertito da Bradley; e la spiegazione che data abbiamo di questo fenomeno, diversamente inespiicabile, costituisce la pruova più potente del moto di rivoluzione del nostro globo.

La terra adunque non è più per noi il centro immobile intorno al quale gravita tutto l'universo. Ella non è che un picciol pianeta del sistema solare, il quale obbedisce come gli altri tutti alle leggi dell' attrazione. La sua distanza dal sole è di 34,500,000 leghe. La sua rivoluzione annua si fa in giorni 365, 5h 48', 49", ed è quel che si denomina l'anno tropico; ma il tempo che pone a compier la sua rivoluzione annua, prendendo una stella fissa per punto di partita e d'arrivo, è di giorni 365 6h 9' 12", il qual si appella l'anno siderale.

La rotazione della terra sul suo asse s'esegue in 24 ore, che son la lunghezza del giorno naturale. Il suo diametro è di 2,865 leghe. Un punto dell'equatore percorre in virtù del moto di rotazione circa 1|10 di lega a secondo, e, comechè la terra si muova nell'eclittica con una rapidità di 7 leghe a secondo, il suo moto è quasi la metà men rapido di quello di Mercurio. Il diametro dell'orbita terrestre è di 68 milioni di leghe all'incirca. Noi non ci fermeremo più oltre su questi particolari che abbiam già dati nei quadri comparativi delle nozioni acquistate sui pianeti.

Decima Lezione

Delle ineguaglianze secolari e periodiche.

Poichè i corpi tutti vicendevolmente attiransi giusta le leggi che abbiam riconosciute, i globi del nostro sistema debbono scambievolmente contrariarsi nel loro cammino e sperimentare una infinità di perturbazioni. E tanto accade nel fatto; e in ciò massimamente trionfa il sistema dell'attrazione. Chè per fermo non è veruno di que' deviamenti, veruna di quelle perturbazioni, pur minima che sia, di cui esso non dia ragione nel modo più rigoroso.

Le irregolarità che patiscono i movimenti de' pianeti e de' lor satelliti àn ricevuto il nome d'*ineguaglianze*. Sonoci ineguaglianze *secolari* e ineguaglianze *periodiche*. Non è già che le prime non sieno medesimamente periodiche; ma si è voluto dire ch'elle non si producono se non con estrema lentezza ovechè le altre si compiono in un tempo breve anzichè no.

Tuttavia questi perturbamenti son limitati: v'è de' confini oui non possono oltrepassare. Così le curve descritte possono esser più o meno irregolari, discostarsi o avvicinarsi più o meno alla forma circolare; ma la distanza dal sole non varierà mai: l'angolo d'inclinazione dell'asse sull'orbita può bene subir delle variazioni; ma queste non eccederan mai certi termini.

Qui non ci proponiamo di tener parola, salvochè delle ineguaglianze più notabili della luna e della terra.

Ineguaglianze della luna e della terra.

Allorchè la luna è in congiunzione, cioè allorchè in forza del suo moto di rivoluzione è venuta ad allogarsi fra la terra e il sole, trovasi essa a quest'ultimo più vicina che nella situazione opposta, e, l'attrazion solare esercitandosi con maggiore intensità, la distanza dalla luna alla terra ne viene aumentata. Quando per contrario la luna è in opposizione, vai dire quando la terra fra lei e il sole si ritrova, questo, attraendo più fortemente la terra, l'allontana alla sua volta dal proprio satellite. Nelle quadrature l'azion del sole lascia predominare quella della terra. Ma si comprende che l'effetto immediato di queste alterazioni, è di influire sulla velocità del movimento della luna.

Difatti si avverte, il moto andarsi allentando dalla congiunzione alla prima quadratura, e accelerarsi dalla quadratura all'opposizione. Indi la celerità scema fino alla seconda quadratura, poscia di nuovo aumenta sino alla congiunzione. Queste ineguaglianze appellansi *variazioni*.

Nondimanco, attesochè la luna accompagna la terra nel suo movimento attorno al sole, e la terra in tal movimento s'appressa o si dilunga più o meno da quell'astro, rendesi aperto come questa variazione nelle distanze apporterà delle modificazioni a' fenomeni che testè descrivemmo. Questa nuova maniera d' ineguaglianza à preso nome di *equazione annua*.

Noi abbiamo già veduto in trattando della luna che i suoi nodi muovono sull'eclittica da oriente in occidente e percorrono 19°,3286 l'anno, il che dà una

rivoluzione intera in diciotto anni e sette mesi e mezzo all'incirca o più esattamente in giorni 6788,54019. Codesto moto de' nodi dell'orbe lunare e le variazioni della inclinazione di esso all'eclittica van dovuti all' azione del sole. In effetti, quando la luna nel suo moto di rivoluzione intorno alla terra si approssima al piano dell'eclittica, la forza di attrazione del sole la fa discendere, e siffattamente avvicina l'istante in cui essa à da intersecare quel piano. Quindi nasce il *moto retrogrado de' nodi* e il cangiamento d'inclinazione dell'orbita sull'eclittica.

La forza attraente della terra sulla luna varia d'intensità secondo che quest'ultima è apogea e perigea, e lascia conseguentemente maggiore o minore influenza all'attrazion solare. Di qui degli allungamenti o delle contrazioni nell'orbe lunare, ineguaglianze che si denominano *evezioni*.

Ma la più considerevole di cotali ineguaglianze si è *la precessione degli equinozi*. Il sole non taglia ogni anno l'equatore nel medesimo punto. Se un dì lo taglia in un punto, nel giorno stesso dell'anno seguente lo taglia in altro punto, situato 50'', 103 all'ovest del primo e arriva così all'equinozio 20' 23'' innanzi d'aver completata la sua rivoluzione nel cielo o esser passato da una stella fissa ad un'altra. Quindi è che l'anno tropico o l'anno vero delle stagioni è più corto dell'anno siderale. La precessione degli equinozi è un effetto dell'attrazion solare la quale si esercita con più intensità sopra il menisco dell'equatore, cui tende a far cadere nel piano dell'eclittica, ma che si mantiene nella sua inclinazione, in grazia del moto di rotazione. Dietreggiando ciascun anno all'ovest di 50'', 103 gli equinozi fanno una rivoluzione intera in anni 25, 867. Così l'Ariete ♈ che altravolta rispondeva all'equinozio di primavera, trovasi di presente 30° più a ponente, quantunque per una convenzione adottata dagli astronomi risponde tuttavia all'equinozio.

Il moto retrogrado do' punti equinoziali fa descrivere all'asse della terra, in virtù d'un movimento conico, un piccol cerchio il cui diametro è uguale a due cotanti della sua inclinazione sull'eclittica, cioè a 46° 56'. Sia NZSVL, fig. 33 tav. 2, la terra. Il suo asse prolungasi fino alle stelle e si termina in A, polo nord attuale del cielo, il quale è verticale ad N, polo nord della terra. Sia EOQ l'equatore, TZ ♋ il tropico del cancro e VT ♑ quello del capricorno; VOZ l'eclittica e BO il suo asse il quale vuol considerarsi come immobile, stantechè l'eclittica passa maisempre sulle medesime stelle. Ma, siccome i punti equinoziali retrogadano in questo piano, l'asse della terra SON è in moto sul centro della terra O, di guisa da descrivere il doppio cono NOn ed SOs intorno a quello dell'eclittica Bo, nel tempo che i punti equinoziali camminano intorno a esso piano, vale a dire in anni 25,867 e in questo lungo intervallo il polo boreale dell'asse della terra descrive il cerchio ABCDA nel cielo stellato attorno al polo dell'eclittica, il qual rimane immobile nel centro del cerchio. L'asse terrestre essendo inclinato di 23° 28' rispetto a quello dell'eclittica, il cerchio ABCDA descritto dal polo nord dell'asse della terra prolungato in A à quasi 46°56' d'inclinazione ovvero il doppio dell'inclinazione di esso asse. In conseguenza il punto A, che ora è il polo nord del cielo e prossimo a una stella di seconda grandezza nell'estremo della coda dell'Orsa minore, debb'esser abbandonato dall'asse di quel pianeta il quale, dietreggiando d'un grado in 71 anno e 2/5 sarà direttamente verso la stella al punto B in 6147 anni e 3/4 e nel doppio di siffatto tempo ossia in 12895 anni e mezzo direttamente verso la stella al punto C che sarà allora il polo nord del cielo. La posizione attuale dell'equatore EOQ sarà allora mutata in eOq; il tropico del Cancro T ♋ in Vt ♋, e quello del Capricorno NT ♑ in tt ♑; e il sole, nella parte del cielo ove sta di presente sul tropico terrestre del Capricorno e produce i giorni più corti e le notti più lunghe nell'emisfero del nord, sarà allora sul tropico terrestre del Cancro ove determina i giorni più lunghi e le notti più brevi. Questo effetto non avrà luogo che a capo di 12,895 anni a partir dal punto C, ovveramente, se si conti dal punto di partita A, a capo di 25,867 anni i quali son necessari perchè il polo nord faccia una rivoluzione completa e trovisi in un punto del cielo che sia verticale a quello ch'esso occupa presentemente.

Bradley avea già scoperta l'aberrazione della luce e facea novelle osservazioni per verificarla, quando s'avvide, l'asse terrestre inclinarsi or più or meno verso l'eclittica, cagionando le stesse variazioni dell'inclinazione de'piani dell' eclittica e dell'equatore, e descrivere intorno al polo medio, preso per centro, una piccola ellisse il cui asse maggiore sottende un arco della sfera cele-

ste di 20", 153 e l'asse minore uno di 15",001. Questa ellisse si descrive nel medesimo tempo che il cielo della luna val dire presso a poco in 18 anni e 7 mesi. Il periodo della nutazione essendo giusto quello del movimento de'nodi della luna, questi due fenomeni son necessariamente connessi. È difatti l'attrazione della luna operante con più intensità sulle regioni equatoriali che su'poli, la quale determina il fenomeno della *nutazione*.

Finalmente, oltre alle due ineguaglianze che abbiam pur ora rilevate ne'movimenti della terra e che sono le principali cui questo pianeta è sottoposto, noi ne vedremo anche un'altra di non mezzana importanza e che è il risultamento dell'insieme delle attrazioni che i pianeti riuniti esercitano sul nostro globo; intendiamo il traslocamento graduale del piano dell'eclittica nel cielo e lo scemamento della sua inclinazione sull'equatore di 52", 1154 o li presso per ogni secolo (circa il centesimo della precessione 1"/2 per anno, 1' in termine di 115 anni, 1° in 6900.)

Siffatta mutazione d'obbliquità nell'inclinazione dell'equatore sull'eclittica vien confermata dalle osservazioni degli antichi astronomi e dal calcolo. Si può assicurarsene comparando la situazione attuale delle stelle relativamente all'eclittica con quella che aveano ne'primi tempi. Nel qual modo si riconosce come quelle, che, secondo l'attestato degli antichi eran locate al nord dell'eclittica presso al solstizio d'està, sono al presente più avanzate verso il nord e più lontane da quel piano; e quelle le quali stavano a mezzogiorno dell'eclittica anche vicino al solstizio suddetto sonosi ad esso piano approssimate; chè alcune vi si trovano comprese ed ànnolo eziandio oltrepassato facendosi verso il nord. De' cambiamenti alla rovescia manifestansi verso il solstizio d'inverno.

Laplace impertanto à dimostro che questa menomazione d'obbliquità dell'eclittica non andrebbe sempre crescendo; bensì verrebbe un'epoca in cui quel moto principierebbe a rallentarsi, poi cesserebbe affatto per ricominciar quindi in senso opposto. Così stabilirebbesi un' oscillazione tra 1° e 3, senza passar oltre.

Undecima lezione

—

Delle comete

Ci resta ad occuparci intorno a una classe numerosa di corpi, sul proposito de' quali son nate le opinioni più diverse. Son essi le comete, questi astri la cui apparizione à maisempre colpito gli uomini di stupore o di spavento.

Premettiamo delle definizioni.

La parola *cometa*, l'etimologia lo dinota, vale *stella chiomata*.

Si chiama *nocciolo* il punto centrale che è più o meno luminoso.

La nebulosità che cinge il nocciolo denominasi *chioma*.

Le tracce luminose onde le più delle comete vanno accompagnate. prendevano altravolta il nome di *barba* o di *coda* secondo che precedeano o seguitavan l'astro nel suo movimento. Adesso si appellan sempre *code*, qualunque sia la loro situazione.

Da ultimo si denominano *testa della cometa* la chioma e il nocciolo riuniti.

Oggidì gli astronomi non pongon più nel novero de' distintivi essenziali delle comete la nebulosità che le accompagna. Perchè un astro sia agli occhi loro una cometa bastagli d'*essere animato da un moto proprio e percorrere una ellisse di tale eccentricità ch'esso cessi di esser visibile durante una parte della sua rivoluzione*.

Le osservazioni simultanee fatte giornalmente sopra punti del globo molto fra loro discosti, e la partecipazione delle comete alla rivoluzione generale della sfera, più ormai non permettono di dubitare esser le comete, in vece che delle meteore generatesi nell'atmosfera, conforme anticamente si credette, de' corpi permanenti, insomma de' veri astri.

Ei si è lungamente opinato che le comete non seguissero un cammino regolare; che non fosser soggette alle leggi le quali reggono gli altri astri e che errassero di sistema in sistema per l'immensità dello spazio. Ma dopo le scoverte di Keplero, si è cercato se questi astri soggiaceano alle leggi di lui e si è cercato di determinar le loro orbite. Era sufficiente a tal uopo, siccome veduto abbiamo, di conoscer tre posizioni di essi astri: 1° *la longitudine del nodo* e *l'inclinazione*; 2° *la longitudine del perielio*; 3° *la distanza perielia*. Conveniva ag-

giungere a questi dati la *direzione del moto*, chè le comete son talora *dirette*, talora *retrogade* e fanno solo eccezione a quel fatto sì notabile che i globi del nostro sistema muovonsi da occidente verso oriente. Si son dunque per tal mezzo determinate le curve che descrivon parecchi di questi corpi, e si è riconosciuto ch'e' si muovono entro ellisse d'una grandissima eccentricità, delle quali il sole occupa un de' fochi. Nondimeno, essendo state le comete anticamente poco e male osservate, la maggior parte degli elementi richiesti alla determinazione della loro identità mancano, il che rende difficilissimo di assegnar di molte l'epoca del ritorno. Nè sarebbe pure impossibile che alcune descrivessero delle parabole, cioè delle curve aperte di cui il sole occupa il foco, e che conseguentemente non ritornassero giammai.

Siccome le circostanze fisiche di forma, di grandezza, e di splendore delle comete variano spesso in alquanti giorni, però non son esse i caratteri a' quali quelle si possan riconoscere. Quindi è che vanno ordinariamente trascurate, e non si tien conto salvochè degli *elementi parabolici*. La l'identità di due comete apparite in epoche differenti sarà ella dimostrata con un mezzo siffatto?

Se gli elementi parabolici di due comete, son diversi, non si vorrà esser corrivo a conchiudere che le sieno due astri distinti, perocchè, in passando presso a un pianeta, una cometa può sperimentare tal perturbazione che la sua curva ne rimanga poi interamente cambiata. Che se all'incontro i due astri che paragonansi ànno approssimativamente gli stessi elementi parabolici, l'identità loro sarà probabilissima. Intanto non sarebbe già impossibile che due comete differenti descrivessero due curve simili di forma e di posizione; se non che, quando altri si faccia ad esaminare a quanti elementi diversi estender si dovrebbe cotal simiglianza, non esiterà a credere che due comete, le quali si mostrino cogli stessi elementi, non sieno che un solo e medesimo astro.

Per ben somministrare agli astronomi i mezzi di riconoscere, all'apparir d'una cometa, s'ella è una delle già osservate, àvvi un *catalogo delle comete*, in dove son regolarmente registrati gli elementi parabolici di tutte quelle chè si osservano. Codesti elementi sono ancor poco numerosi attesochè le buone osservazioni delle comete son troppo moderne. Non evvi che tre di questi astri, il cui cammino sia al dì di oggi conosciuto.

Cometa del 1759.

Halley avendo calcolato nel 1682 gli elementi parabolici d'una cometa in quell'epoca apparita, fu colpito dall'analogia che esisteva fra'suoi risultati e quelli ottenuti da Keplero, per una cometa che erasi mostrata nel 1607. Egli ricorse alle osservazioni più antiche e vide, gli elementi di una cometa scorti da Apiam nel 1531 essere a' suoi somigliantissimi. Ne inferì ch'era la stessa cometa la quale riappariva ad intervalli di tempo quasichè eguali, cioè presso a poco ogni 76 anni e si avventurò a predire su questi dati ch' ella tornerebbe intorno al la fine del 1758 o al cominciamento del 1759. Ma, avendo Clairant calcolato che sarebbe ritardata di 618 giorni per l'azione di Giove e di Saturno, essa effettivamente arrivò al perielio il 12 marzo 1759. Questa cometa è la prima di cui siesi predetta e veduta verificare la periodicità.

M. Damoiseau dell'Ufizio delle longitudini à calcolato l'epoca del prossimo di lei ritorno; ed à fissato il suo passaggio pel perielio al 4 novembre 1835. M. de Pontécoulant, che à fatto lo stesso calcolo, l'à fermato al dì 7 (1). Questa lieve differenza di tre giorni sopra più di 76 anni e mezzo dipende in gran parte dal non aver que' due osservatori adottato le stesse masse pe' pianeti perturbatori.

Cometa del 1770

Questa fu scoverta da Messier nel giugno del 1770 e Lexell trovò che avea percorso in cinque anni e mezzo un'ellisse il cui diametro massimo non oltrepassava il triplo di quello dell'orbita terrestre.

Posto tal risultamento, recò maraviglia che una cometa, la quale, con una rivoluzione sì corta avrebbe dovuto mostrarsi frequentemente, non si fosse ancora scoverta prima di Messier; e si addoppiò lo stupore allorchè non fu vista tornare, dopo intervalli di cinque anni e mezzo, a' diversi punti dell'orbita ellittica di Lexell. Le cause di questa sparizione misteriosa, la quale diè luogo a tante celie buone o cattive sulla *cometa perduta*, sono oggi perfettamente note. Si à in esse una conseguenza e al tempo stesso una conferma novella del sistema dell'attrazione. E veramente, se la come-

(1) *Tra i due il secondo si scostò meno dal vero.*

ti non si è lasciata vedere tutti i cinque anni e mezzo prima della sua apparizione nel 1770, gli è che descriveva allora un'orbita affatto diversa da quella che à descritta in proslegno; e, se non si è scorta una seconda volta, è perchè nel 1776 il suo passaggio al perielio seguì di giorno, e ne' ritorni posteriori la sua orbita avea sofferte delle alterazioni tali che la cometa non si sarebbe potuta riconoscere, quando ben fosse stata visibile dalla terra. Ei fu l'azione di Giove su questa cometa che l'avvicinò e l'allontanò da noi alternativamente, esercitandosi in contrario senso.

Cometa di corto periodo

Questa cometa venne scoperta a Marsiglia il 26 novembre 1818 per M. Pons. I suoi elementi parabolici determinati da M. Bouvard la fecero riconoscer per quella osservata nel 1805, e M. Encke dimostrò ch'essa non mette più di 1200 giorni ovvero anni 3 circa a percorrer la sua orbita. E le apparizioni posteriori ànno pur confermato questi calcoli.

Cometa di sei anni e 3/4

Scovrì questa cometa a Ioannisberg il 27 febbraio 1826 M. Biela; M. Gambart, il quale scorsela alcuni dì appresso a Marsiglia, ne determinò gli elementi parabolici, e riconobbe ch'essa era già stata osservata nel 1805 e nel 1772.

Questa cometa è quella che spaventò cotanto certuni, dachè si era annunziato che la verrebbe a urtar la terra al suo ritorno nel 1832. Gli è vero che il 29 ottobre essa trapassò l'orbita terrestre in un punto in cui la terra si trovò un mese dopo, ma dal quale allora essa stava lungi oltre a venti milioni di leghe, posciachè percorre, per celerità media, 674 mila leghe il dì. Nel 1805 passò dieci volte a noi più presso, cioè alla distanza di quasi due milioni di leghe. Parleremo più là della possibilità di esser la terra urtata da una cometa.

Costituzione fisica delle comete

Questa branca dell'astronomia cometaria non è gran fatto avanzata; faremo pertanto conoscer lo stato della scienza su la *chioma*, il *nocciolo* e la *coda* delle comete.

Di quelli tra questi astri che sono stati osservati fino al presente un gran numero non àn coda; parecchi non presentan nocciolo apparente; ma tutti mostransi inviluppati in quella nebulosità cui si è dato nome di *chioma*.

La materia componente questa nebulosità è sì rara, sì diafana, che dà passaggio alla luce più tenne e lascia scernere attraverso di essa le più piccole stelle.

Nelle comete le quali ànno un nocciolo le parti della chioma a questo prossime sono ordinariamente rare, diafane e poco luminose. Ma a certa distanza dal nocciolo la nebulosità repente si chiarifica in guisa da formar come un anello luminoso attorno alla cometa. Sonosi talfiata veduti due e sino a tre di cosiffatti anelli concentrici, separati da intervalli oscuri. Del rimanente si comprende che ciò che apparisce un anello circolare in proiezione debb'essere in realtà un viluppo sferico.

Allorquando la cometa à una coda, l'anello à la forma d'un semicerchio la cui convessità è volta alla parte del sole, e dagli estremi del quale partono i raggi più lontani della coda.

L'anello della cometa del 1811 avea 10 mila leghe di spessezza: distava dal nocciolo 12 mila. Le comete del 1799 e del 1807 aveano altresì degli anelli di 12 mila e di 8 mila leghe di spessezza.

Noi abbiam detto esister delle comete senza nocciolo apparente: queste indubitatamente non son altro che globi di materie gassose; ma ce ne à di molte le quali presentano de' noccioli non poco simili a' pianeti per la forma e per lo splendore. Questi noccioli son per ordinario picciolissimi: pure alcuna volta ànno grandi dimensioni, e se ne son misurati cento aventi da 11 fino a 1089 leghe di diametro.

Taluni astronomi sonosi studiati di provare, fondandosi su diverse osservazioni, il nocciolo delle comete esser sempre diafano, o, in altri termini, le comete non esser che meri aggregati di materie gassose. Ma, lasciando stare che le osservazioni citate in sostegno di tale opinione nulla provano a favor de' termini assoluti nei quali essa è espressa, sono oltracciò in opposizion formale con altre osservazioni di non minor peso; e dalla discussione di queste osservazioni diverse sembra risultare che ci esiston delle comete senza nocciolo, delle comete il cui nocciolo è forse diafano, e per ultimo delle comete brillantissime il nocciolo delle quali è probabilmente solido e opaco.

Intorno alle code delle comete la scienza possede ben pochi dati certi.

Queste tracce luminose sono ordinariamente situate dietro la cometa di contro al sole: ma talora esse si discostano più o meno da simil posizione. Si è trovato che in generale la coda inclina verso la regione da cui la cometa si è dipartita; effetto forse della resistenza dell'etere, la quale opera con più forza sopra la materia gassosa della coda che sul nocciolo. Quest'ipotesi acquisterà un nuovo grado di probabilità, se si ponga mente che la deviazione è di tanto maggiore per quanto altri più si dilunga dalla testa. In questo sistema la curvatura che offre qualche volta la coda sarebbe il risultato di queste differenze di deviamento, e una tale spiegazione adatterebbesi sufficientemente a questa circostanza, che la convessità della curvatura è mai sempre rivolta dalla parte della regione verso cui la cometa procede. La differenza di densità e lo splendore della materia nebulosa e della coda, la forma di quest'ultima, meglio terminata dal lato verso il quale si opera il movimento, tutte queste particolarità ed altre che le osservazioni àn fatto conoscere troverebbero egualmente in questa ipotesi una spiegazion naturale.

La coda della cometa s'allarga a misura che essa si scosta dalla testa, e la region media ne è per ordinario occupata da una fascia oscura che si è presa per l'ombra del corpo della cometa. Ma questa spiegazione non s'adatta punto a tutti casi, quale che sia la situazion della coda rispettivamente al sole. Il fenomeno si spiega meglio supponendo esser la coda un cono vuoto il cui involucro à una certa spessezza. Si concepisce difatti che, se le cose stan così, l'occhio debba incontrare, guardando gli orli dei coni, una maggior copia di particelle nebulose che guardando la region centrale; or, come la intensità della luce è in ragion del numero di quelle particelle, l'esistenza delle strisce luminose e dell'intervallo comparativamente oscuro di leggieri va spiegata.

Vedonsi talvolta delle comete a più code. Quella del 1744, ad esempio, il 7 e l'8 marzo ne avea fine a sei perfettamente distinte e separate fra loro da spazi oscuri.

La coda delle comete à qualche volta delle dimensioni enormi. Se ne son viste di tali, come quelle del 1680, del 1769 e del 1618, le quali giungevano allo zenit che le lor code toccavano ancor l'orizzonte. Si è stimata quella della cometa del 1680 più di quarantun milione di leghe.

Ma che è mai la coda delle comete? Come si forma essa? Quali son le cause che in tante guise ne modificano le forme? Quali son quelle che dan nascimento alla chioma e agli involucri concentrici di cui essa è talora formata? Queste quistioni non anco sono state risolute in maniera soddisfacente.

La nebulosità delle comete sembra a primo scontro non poter essere che un ammasso di vapori sviluppati dal nocciolo per l'azion del sole; ma questa spiegazione sì semplice non rende conto altrimenti della formazione degl'inviluppi concentrici, della posizione variabile della chioma rispetto al sole, dell'aumento e della diminuzione del suo volume ec.

Sonovi pertanto su quest'ultimo punto delle nozioni acquistate. Evelio aveva avventurato che la nebulosità crescesse di diametro a secondo che si allontanavano dal sole; e Newton avea spiegato questo risultamento con dire che, formandosi la coda delle comete a spesa della chioma, questa dee diminuir di volume a misura che s'avvicina al sole, e reciprocamente aumentare in dimensione dopo il passaggio al perielio, allorchè la coda le rende la materia che da lei avea ricevuta. Intanto parea malagevole ad ammettere che una massa gassosa si dilatasse secondo che dal sole dilungavasi, per passare in regioni più fredde, e la rilevante osservazione d'Evelio ottenne poco favore sino al momento che la cometa di breve durata venne a darle una luminosa conferma.

Keplero pensava, la formazione della coda delle comete fosse il risultato dell'impulso de'raggi solari, i quali staccassero e mandasser lungi perdute le parti più tenui della nebulosità. Onde una simile spiegazione fosse ammissibile, sarebbe mestieri provare, essere i raggi solari dotati d'una forza di impulsione; ora, le sperienze più delicate non ne àn mica additata di sensibile; ed, anche che questa forza di impulso s'ammettesse, rimarrebbe pur sempre a dire perchè la coda non è costantemente situata di rincontro al sole; perchè talvolta avvene parecchie che fan tra loro di sì grandi angoli; perchè si formano e svaniscono in tanto breve tempo; perchè alcune sono animate da un moto rapidissimo; perchè, finalmente, vi son delle comete la cui chioma pare molto rada, molto leggiera e che tuttavia non presentan punto di coda.

Si è proposto su questa materia una quantità d'altri sistemi più o meno inge-

gnosi, ma ninno ragginnge lo scopo della splegazione de' fenomenl.

Le comete son elle intrinsecamente luminose, ovvero riflettono, al par de' pianeti, una luce accattata? Quest'importante quistione non à fino al presente ricevuta ancora una soluzione completa; ma vi sono diversi mezzi da ottenerla. Qualora l'osservazione venisse a scoprir nelle comete il fenomeno delle fasi, ogni incertezza sfumerebbe. In difetto di fasi, i fenomeni della polarizzazione potran menare allo stesso risultato. Alla perfine ecco un terzo metodo, la cui applicazione, tostochè potrà farsi, toglierà probabilmente tutti i dubbi.

Sia un punto luminoso per virtù propria e senza dimensioni sensibili, il quale lanci per tutto lo spazio dintorno a sè delle particelle luminose. Se queste si ricevano, per mo' d' esempio, alla distanza di un metro, in sulla superficie di una sfera d'un metro di raggio, elle vi saranno ripartite uniformemente. Se alla distanza di 2,3....100 metri di raggio, e le molecole luminose ripartirannovisi uniformemente: però si separeranno le une dalle altre nella proporzione dell'ingrandimento delle superficie delle sfere. Or la geometria dimostra, le superficie delle sfere crescere proporzionalmente a'quadrati de'raggi; adunque il discostarsi delle particelle luminose sarà egualmente proporzionale a' quadrati de' raggi, o, a dirla altrimenti, delle distanze a cui le molecole luminose son ricevute. E, mercechè l'intensità della luce la quale rischiara un obbietto è in ragion del numero de' raggi luminosi che vengono a colpirlo, si giunge a questa legge che *l'intension di rischiaramento d'un punto scema proporzionalmente a' quadrati delle distanze.*

Noi abbiam supposto in ciò che sopra dicevamo un punto luminoso senza dimensione sensibile: diamogli adesso qualche estensione.

Egli si par chiaro che ciascun punto di questa superficie illuminante proletterà, come il punto isolato di cui testè facevam motto, una luce la quale s'indebolirà in ragione inversa del quadrato delle distanze. Solo che, essendo il novero de'punti luminosi aumentato, la quantità totale di luce emessa sarà più grande, il che genera questa conseguenza che a distanze uguali l'intensione della luce è proporzionale al numero de'punti illuminati.

Siam dunque pervenuti a questo duplice risultamento che la *proprietà rischiaratrice* d'una superficie luminosa è da un lato in ragion reciproca del quadrato delle distanze.

È conseguenza di siffatta legge che la insensità d'una superficie luminosa apparir debbe la medesima a qualsivoglia distanza si trasporti la superficie, purch'ella sottenda mai sempre un angolo sensibile.

Perchè questa conseguenza non apparisca bella prima contraddittoria alla legge onde noi dedotta l'abbiamo, poniam mento ch'el si tratta nel secondo caso dell'*intensità* di una superficie luminosa, e nel primo della sua *proprietà rischiaratrice.*

Quando si vuol paragonare, non la proprietà illuminatrice, sibbene l'intensità luminosa di due superficie, s' à a prendoro in ciascuna di loro due porzioni eguali e veder quale è la più splendida. Ciò posto, io dico che se, date duo superficie luminose, lascinsene vedere all'occhio per uguali aperture delle porzioni di pari dimensioni, e queste due porzioni sembrino aver la medesima intensità, sarà lo stesso eziandio, allorchè l'una delle superficie si trasporterà ad una maggior distanza, sol che però l'apertura onde se ne vedo una parte paia sempre ripiena.

Infatti, se da un canto ciascun punto luminoso tramanda all'occhio un numero di raggi che è in ragione inversa del quadrato delle distanze, dall'altro il numero de'punti luminosi che l'occhio scopre attraverso la stessa apertura s'accresce nella medesima proporzione. Sicchè l'intensità della porzion visibile della superficie luminosa non si sarà punto alterata.

Il sole, per esemplo, veduto da Urano, pare un cerchio di 100 secondi. Ebbene, tagliamo sul sole, mercè un diaframma forato una superficie circolare di 100 secondi, ed avremo in grandezza e in isplendore il solo di Urano.

Veggiamo ora qual uso far si possa di cosiffatti principii per la soluzione della quistione che abbiamo in mira, cioè, se le comete sono o pur no per sè stesse luminose.

Questa quistione si traduce per noi nella seguente: In qual modo cessa una cometa d'esser visibile? se la disposizione è un effetto dell'eccessivo diminuir delle sue dimensioni e non dell'infievolimento della sua luce, l'astro è per sè stesso luminoso: ma, se, avendo la cometa ancora grandi dimensioni, la sua luce gradatamente s'affioca e finisce per ispegnersi, questa luce, senza niun dubbio, era accattata.

Questa conseguenza potrebbe tuttavia

non esser rigorosa. Egli è provato al dì d'oggi, l'abbiam detto più su, la nebulosità delle comete andarsi dilatando a misura che l'astro s'allontana dal sole. Or non potrebbe star per avventura che questa dilatazione progressiva producesse un attenuamento graduato della luce? Onde chè ormai converrà tener ragione di questa causa di indebolimento e dimostrar come essa è insufficiente a spiegar la disposizione delle comete. Nè per vero questa complicazion del problema offrirebbe poi grandi difficoltà.

All'astronomia cometaria si connettono alcune quistioni che torremo successivamente a disaminare.

Le comete ànno elle un'influenza sensibile sul corso delle stagioni?

A questo quesito le prevenzioni popolari àn già risposto in modo affermativo, munite d'esempi, in cui la bella cometa del 1811 e l'abbondante ricolto che le tenne dietro non sou dimenticati. Poche parole basterannoci a dissipar quest'errore. Parliamo in prima de'fatti: le considerazioni teoriche verranno dopo.

Si è ricercato consultando le osservazioni termometriche che fannosi più volte il dì negli osservatori, se le temperature medie degli anni fecondi di comete sono più elevate di quelle degli altri anni; e non si son trovate differenze sensibili.

Il risultamento di siffatte osservazioni è consono co'dati della teoria. Per qual genere d'azione infatti potrebbon le comete modificar la nostra temperatura? Questi astri non possono agire a distanza sulla terra altro che per via d'attrazione, pe' raggi luminosi e calorifici che lanciano, e per la materia gassosa della lor coda la quale spander potrebbesi nella nostra atmosfera.

Ben potrebbe la forza attrattiva delle comete, s'ella avesse una intensità sufficiente, determinar delle maree analoghe a quelle che produce la luna; ma non si vede come potrebbe risultarne una elevazione di temperatura.

I raggi luminosi e calorifici che le comete lanciano o riflettono neppur sarebbero atti a ingenerar questo risultamento, giacchè essi ànno molto minore intensità di quelli che la luna ci tramanda e che, concentrati nel foco delle più grosse lenti, non producono effetto sensibile di sorta.

Infine l'introduzione nell'atmosfera terrestre di parte della coda delle comete non può nemmeno allegarsi come la causa dell' elevazione di temperatura che a questi astri si attribuisce; dappoichè la coda della cometa del 1811, per esempio, la quale avea 41 milione di leghe, non toccò mai la terra, chè si trovò sempre a parecchi milioni di leghe da lei.

È egli possibile che una cometa venga ad urtar la terra o qualsiasi altro pianeta?

Le comete si muovono in tutte le direzioni e percorrono dell'ellissi estremamente allungate che traversano le orbite de' pianeti. Cotalchè non sarebbe già impossibile che elle s'imbattessero in alcuni di quegli astri e l'urto della terra per opera della cometa è rigorosamente possibile: se non che è nel tempo stesso della più alta improbabilità.

Questa proposizione si parrà appieno evidente, ove si raffronti, al piccolo volume della terra e delle comete ed alla immensità dello spazio in dove questi globi si muovono. Il calcolo della probabilità fornisce il mezzo di valutar numericamente i casi possibili d'un simigliante scontro, e mostra non esserveue oltre ad 1 sopra 281 milione, val dire che all'apparizione d'una cometa incognita v'è da scommetter 281 milione contro 1 che ella non verrà ad urtare il nostro globo. Or sarebbe evidentemente ridicolo per l'uomo, che durante i pochi anni ch'egli à a passar sulla terra si preoccupasse d'un simil pericolo. Gli effetti per altro di quest'urto sarebbero spaventevoli. Se la terra venisse urtata per forma che il suo moto di traslazione fosse annientato, tutto ciò che non è aderente alla superficie di essa, come gli animali, le acque ec. sarebbon portati via con una violenza di sette leghe per secondo. Se l'urto non facesse che rallentare il moto di rotazione, i mari si slancerebbero da' loro bacini, l'equatore e i poli sarebber mutati. Ma lasciamo l'autore della meccanica celeste dipinger egli stesso questi tremendi effetti. « L'asse e il moto di rotazione cambiati, i mari abbandonare le loro antiche posizioni, per precipitarsi verso il novello equatore, gran parte degli uomini e degli animali annegati in questo diluvio universale o distrutti dalla violenta scossa impressa al globo terrestre; specie intere annichilite; tutti i monumenti dell' industria umana rovesciati: tali sono i disastri che l'urto d'una cometa debbe aver prodotto. Si vede allora perchè l'oceano à coverto delle alte montagne, sulle quali à lasciato gli indizi irrefragabili del suo soggiorno; si vede come gli animali e le piante del mezzogiorno àn potuto esistere ne' climi del settentrione, ove si trovan di loro spoglie ed impronte, si spiega per ulti-

mo la poca antichità del mondo morale, al cui monumenti non rimontan guari al di là de'5000 anni. La specie umana ridotta a un piccol numero d'individui e allo stato più deplorabile, unicamente intesa per lunghissimo tempo alla cura di conservarsi, à dovuto perdere affatto la rimembranza delle scienze e delle arti; e, quando i progressi della civiltà ebber fatto sentire di nuovo i suoi bisogni, è stato uopo ricominciar tutto, quasichè gli uomini fossero stati novellamente collocati sopra la terra. »

È stato mai il nostro globo urtato da una cometa, secondo pensa l'autore per noi citato quassù?

Uomini di gran sapere àn preteso che l'asse di rotazione della terra non è sempre stato lo stesso. Eglino àn fondata quest'opinione sopra considerazioni tratte da che i diversi gradi misurati su ciascun meridiano tra 'l polo e l'equatore, combinati a due a due, non dan tutti il medesimo valore per lo schiacciamento de' poli. Eglino àn visto nella differenza di questi risultati la pruova che la terra, nel tempo in cui assunse, ancor liquida, la sferica forma, non girava punto sul medesimo asse di rotazione che oggi.

Ma può di leggieri riconoscersi che un cangiamento di asse non può esser la causa delle discordanze che presentano i valori de' gradi forniti dall'osservazione con quelli risultanti da una certa ipotesi di depressione; che tal disaccordo non siegue altrimenti un cammino regolare e graduato, sibben capriccioso e senza leggi. È in vece il risultamento d'attrazioni locali, di accidenti geologici che oggidì è noto poter esistere tanto nelle pianure quanto nell'adiacenza de' monti.

Ma passiamo ad altre considerazioni.

Se s'imprima un moto di rotazione ad un corpo sferico e omogeneo, liberamente sospeso nello spazio, il suo asse di rotazione rimane perpetuamente invariabile. Se questo corpo abbia una diversa forma, il suo asse di rotazione può mutare ad ogni istante, e questa moltitudine d'assi, intorno a' quali sola una parte esso esercita di sua rivoluzione, diconsi gli *assi istantanei di rotazione*. In fine la geometria dimostra, ogni corpo, quale che siane la figura e le variazioni di densità da una regione all'altra, poter girare in un modo costante e invariabile intorno a tre assi perpendicolari fra loro e passanti pel suo centro di gravità; i quali van denominati gli *assi principali di rotazione*.

Ciò posto, noi domandiamo se l'asse intorno a cui la terra esegue sua rivoluzione è un *asse istantaneo* o un *asse principale*. Nel primo caso l'asse cambierà ad ogni istante, l'equatore soffrirà delle traslocazioni corrispondenti. Le latitudini terrestri che altro non sono fuorchè le distanze angolari de' diversi luoghi dall'equatore, varieranno parimenti. Ora le osservazioni di latitudine, che fannosi con una estrema esattezza, non additano verun cambiamento di questo genere, le latitudini terrestri son costanti; adunque la terra gira intorno a un *asse principale*.

Da ciò è agevole desumer la pruova che niuna cometa è mai venuta ad urtar la terra, che l'effetto di un tal urto sarebbe stato di sostituire all'asse principale uno istantaneo, e le latitudini terrestri sarebbono oggi sommesse a continue variazioni, il che le osservazioni non danno: per verità non sarebbe matematicamente impossibile che l'effetto d'un urto fosse stato di scambiar un asse istantaneo in uno principale, se non che in tal caso è sì improbabile che menomamente non toglie alla forza della dimostrazione.

Noi abbiam supposto in quanto testè dicevamo esser la terra un corpo interamente solido. Ma il suo centro potrebbe pure essere ancor liquido, come quasi generalmente si estima oggidì. Or si potrebbe egli in quest'ultimo caso dedur con la medesima certezza dalla costanza delle latitudini terrestri la conseguenza che la terra non sia mai stata urtata da una cometa?

Noi nol crediamo; chè, siccome l'effetto immediato dell'urto stato sarebbe di precipitar violentemente verso il novello equatore una parte della massa liquida interna, la quale non avrebbe altrimenti potuto allogarvisi che rompendo la crosta solida della terra, dopo l'urto, lo spostamento continuato dell'asse istantaneo menando seco una incessante deformazione della massa fluida, non sarebbe impossibile che il risultato della perenne confricazione del liquido contro la crosta solida fosse stato di produrre una diminuzion gradnata nella lunghezza della curva descritta dalle estremità degli assi istantanei, e per conseguenza a lungo andare un moto di rotazione intorno a un asse principale.

Potrebbe la terra passar nella coda di una cometa, e quali sarebbon per noi le conseguenze di tale avvenimento?

Le comete ànno in generale pochissima densità: debbon quindi attirare assai debolmente la materia che forma le lor code, posciachè l'attrazione si esercita proporzionalmente alle masse.

Or si concepisce di leggieri che la terra, la cui massa è per l'ordinario molto

più considerevole di quella delle comete, attirar possa a sè e condur nella propria atmosfera porzion della coda di quegli astri: massime se si ponga mente esser talora le parti estreme della coda a distanze enormi dalla testa.

Riguardo alle conseguenze dell'introduzione nella nostra atmosfera d'un novello elemento gassoso, elle dipenderebbero dalla natura e dall'abbondanza della materia, e potrebbero esser la distruzione parziale o totale degli animali. Ma la scienza non peranco à avuto da registrare alcun avvenimento di questo genere, e la connessione che molti àn cercato stabilire tra l'apparimento delle comete e le rivoluzioni del mondo fisico e morale non posa su verun fondamento.

Le nebbie secche del 1783, e del 1831 son esse delle materie staccate dalle code di qualche cometa?

La nebbia secca del 1783 durò un mese. Cominciò a un dipresso lo stesso giorno in luoghi gli uni dagli altri lontanissimi: si estendea dal nord della Africa sino in Isvezia. Occupava altresì gran parte dell'America settentrionale, ma non si estendea in mare. Si elevava al di sopra delle montagne più alte. Suo veicolo non pareva il vento; e le piogge più copiose, i venti più forti non poteron dissiparla. Diffondeva un odore ingrato, era secchissima, non alterava menomamente l'igrometro, e possedeva una proprietà fosforescente.

Ecco i fatti: si è voluto spiegarli con supporre che questa nebbia fosse la coda d'una cometa. Ma, se è così, perchè non s'è mai scorta la testa dell'astro, non essendo la nebbia tanto fitta che non si potessero vedere ogni notte le stelle? L'obbiezione è fondamentale e ruina dalla sua base l'ipotesi proposta.

Una simile spiegazione è ancor meno applicabile alla nebbia del 1831, la quale presentò tanta somiglianza con quella del 1783; giacchè non avendo essa occupata tutta la superficie dell' Europa, l'invisibilità della cometa sarebbe vie più da maravigliare. D'altronde tutti i punti del globo compresi fra' paralleli avrebber dovuti successivamente esser coperti dall'effetto del moto di rotazione, e intanto la nebbia finiva a cinquanta leghe dalle coste.

L'origine di queste nebbie straordinarie può trovare una spiegazione più satisfacente nelle rivoluzioni interne onde il nostro globo è sovente agitato. Nel 1783, l'anno stesso della nebbia, la Calabria fu sconvolta da orrendi tremuoti che seppellirono più di 40m. abitanti; il monte Ecla in Islanda fece una delle maggiori eruzioni di cui si sia serbata memoria; nuovi vulcani usciron dal seno del mare ecc.

Sarebbe dunque molto difficile di ammettere che materie gassose, d'una natura ignota, uscite fossero dalle viscere della terra lacerate da siffatte violente commozioni, e questa spiegazione non s'adatterebbe per avventura a questa circostanza degna di nota che in pieno mare la nebbia non esisteva? Ma noi non volevamo che additar qui una delle ipotesi, mercè le quali sarebbe possibile spiegar l'origine delle nebbie secche, senza ricorrere all'immersione della terra nella coda d'una cometa.

Egli esiste in sulla costa occidentale dell'Africa qualcosa di simigliante al fenomeno che ci occupa. Una nebbia secca e periodica, portata da un vento chiamato *harmatan*, che fa scricchiolare le suppellettili e curvar le coperture dei libri, che dissecca le piante ed esercita sul corpo umano una non men trista influenza. E questa nebbia neppur s'estende in mare. S'ignora la causa che la produce.

La luna è stata ella mai urtata da una cometa?

Noi abbiam veduto che questo satellite gira sopra sè medesimo in un termine precisamente eguale a quello che impiega a far la sua rivoluzione intorno alla terra. Si spiega l'isocronismo di questi movimenti dicendo che al tempo in cui la luna, ancor fluida, tendeva a prender la forma che corrispondeva al suo moto di rotazione, l'attrazion del nostro globo l'allungò e che il suo asse maggiore si diresse verso il centro della terra.

Or, se una cometa avesse mai urtato la luna, quest' urto avrebbe rotto l'armonia che esiste fra' movimenti di rotazione e di rivoluzione, e per conseguenza rimosso l' asse maggiore della luna dalla linea diretta verso il centro della terra. Questo asse maggiore eseguirebbe dunque, come un pendolo, de' movimenti oscillatorii intorno al nostro globo; ma, nulla di ciò avendo luogo, è a concluderne che l'urto della luna per opera di una cometa non è mai avvenuto.

La luna è stata ella altra volta una cometa?

Gli Arcadi, al narrar di Luciano o d'Ovidio, si tenean più antichi della luna. I loro antenati, diceano essi, avean abitata la terra innanzi che la luna esistesse. Questa singolare tradizione à

fatto dimandare se la luna non sia per avventura un'antica cometa la quale, passando in vicinanza della terra, sia suo satellite divenuta.

In ciò non v'à nulla d'impossibile; ma le considerazioni con le quali si è voluto corroborar quest'opinione non ànno il pur menomo valore. Come la cometa luna, per diventar satellite della terra, avrebbe dovuto avere una certa distanza perielia, si è voluto veder nell'aspetto arso delle sue alte montagne le tracce dal calore enorme che essa à dovuto sperimentare passando eziandio vicino al sole. Questa è una confusion di termini. Ben è vero che delle apparenze d' antichi sconvolgimenti vulcanici danno ad alcuni punti della superficie lunare un aspetto bruciato; ma niuna cosa può oggi dinotare qual temperatura ella abbia provata altravolta.

Del resto i partigiani dell'opinione che noi qui sponiamo troverannosi impacciati a spiegar perchè la luna non à atmosfera sensibile, quandochè tutte le comete che sino al dì d'oggi si son vedute presentansi con un involucro gassoso. Se la luna è un'antica cometa, che cosa à fatto della sua chioma?

Sarebbe mai possibile, che la terra divenisse il satellite di una cometa, e divenendolo, qual sorte a noi incontrerebbe?

Perchè una cometa possa impadronirsi della terra e farne il suo satellite, basta darle una massa sufficientemente considerevole e farla passare a una certa vicinanza dalla terra. Essa allora senza alcun dubbio ritorrà il nostro globo all'attrazion solare e lo menerà seco nella sua rivoluzione intorno al sole. Or la gran massa di che si à da suppor dotata la cometa e la lieve distanza alla quale passar dovrebbe dalla terra rendono un simile avvenimento assai poco probabile.

Imperlanto, stantechè la cosa, a rigore, può avvenire, facciamoci a disaminare qual sarebbe, in questa ipotesi, la sorte degli abitanti della terra. Il nostro globo sperimenterebbe allora, come spesso si è ripetuto, gli estremi della temperatura? Sarebbe esso alternamente vetrificato, evaporizzato, congelato? Diverrebbe inabitabile e tutte le specie animali e vegetabili che esso produce sarebbero elle annichilite?

Supponiamo, per rispondere a cotali quistioni, che la terra diventi il satellite d'una cometa la quale si appressi e si scosti molto dal sole: della cometa del 1680, se si voglia. Questa cometa, facendo sua rivoluzione in 575 anni, percorre un'ellisse il cui asse maggiore è 138 volte più grande della distanza media dalla terra al sole. La sua distanza perielia è estremamente corta. Newton à calcolato che al suo passaggio pel perielio il dì 8 dicembre 1680 essa dovè subire un calore 28m. volte più intenso di quello che la terra prova nella state: egli l'à valutato duemila volte quello del ferro in incandescenza.

Ma questo risultato non può ammettersi. Per risolvere il problema che si era proposto Newton, occorrerebbe conoscer lo stato della superficie e dell'atmosfera della cometa del 1680. Inoltre: poniamo nel luogo della cometa il nostro globo medesimo, ed il problema non sarà ancora risoluto. Senza fallo la terra sperimenterà sul bel principio una temperatura 28m. volte più forte di quella estiva; ma bentosto tutte le masse liquide che la ricoprono, trasformandosi in vapori, produrranno de' fitti strati di nubi, i quali menomeranno l'azione del sole in una proporzione impossibile a fissarsi numericamente.

Sarebb'egli più facile di determinar la temperatura del nostro globo allorch'esso avrà accompagnata la cometa al suo afelio? Non considerando che i rapporti di distanza, la terra dovrebb'essere allora 19 mila volte men riscaldata che non è nella state, val dire che, non ricevendo dal sole verun calore che fosse da aversi in considerazione, non dovrebbe più possedere tranne quello, non anche dissipato, di cui sarebbesi impregnata al perielio, e, se tutto questo l'avesse perduto, dovrebb'essere alla temperatura dello spazio circostante, la quale non può discendere al di sotto di 50° giusta le ingegnose considerazioni di Fourier.

Or l'esperienza prova poter l'uomo sopportar de' freddi di 49 a 50° centigradi sotto il zero ed un calore di 130° quando sia posto in certe date condizioni igrometriche. Sicchè nulla prova che nell'ipotesi la terra divenisse il satellite d'una cometa, la specie umana verrebbe annichilita per influenze termometriche.

Queste considerazioni su'limiti fra cui oscillar possono le temperature dei globi celesti son di natura da render la loro *abitabilità* men problematica agli occhi delle persone che mal sanno concepire l'esistenza di esseri formati con un sistema d'organizzazione al tutto dissimile dal nostro.

È stato forse il diluvio occasionato da una cometa?

Ei non è più dato al giorno d'oggi di dubitare che il nostro globo non sia più fiate stato sconvolto da tremende rivo-

luzioni, nè che le acque del mare abbiano invaso e abbandonato i continenti a più riprese. Ad ispiegar questi spaventevoli cataclismi si è fatto intervenir le comete: togliamo a disaminar siffatte spiegazioni.

Whiston ne propose una ch'egli aveva adattata a tutte le circostanze del diluvio di Noè descritte dalla genesi. Ei suppone, e questa supposizione non à nulla d'inammissibile, che la cometa del 1680 era in vicinanza della terra quando il diluvio seguì. Fa della terra un'antica cometa alla quale dà un nocciolo solido e due orbi concentrici, il più vicino al centro formato d'un fluido pesante ed il secondo composto d'acqua; su quest'ultimo posa la crosta solida sopra cui noi camminiamo.

Ciò posto, egli colloca all'epoca del diluvio la cometa del 1680 a 3 o 4m. leghe soltanto dalla terra. Quest'astro esercitando a causa della sua gran prossimità una possente attrazione sn' liquidi interni, produsse un'immensa marea la qual ruppe la crosta solida e precipitò la massa liquida in su' continenti. Ecco la *rottura delle fontane del grande abisso*.

In quanto all'*apertura delle cataratte del cielo*, non potendo Whiston veder questo fenomeno nelle piogge ordinarie che per quaranta giorni gli avrebber dato troppo leggieri risultamenti, lo trovò nell'atmosfera e nella coda della sua cometa, le quali diffusero sul nostro globo sufficiente quantità di vapori acquei per alimentar le piogge più dirotte.

Questa teoria, che à godnto lungamente d'una gran celebrità, non regge a un esame approfondito.

Noi non farem parola della costituzione che Whiston dà alla terra e che la geologia oggidì non adotta; si ci accontenteremo a osservare che le sue supposizioni gratuite sulla prossimità e la massa della cometa del 1680 non bastano alla spiegazione de' fenomeni.

Di fatti, il movimento di quest'astro dovendo essere estremamente rapido, la sua attrazione non si esercitava per sufficiente tempo sopra i diversi punti a cui esso corrispondeva, per determinare l'immensa marea onde noi abbiam parlato.

Del resto questa famosa cometa passò presso alla terra il 21 novembre 1680, ed è dimostrato che all'epoca del diluvio la sua distanza non era punto minore. Intanto essa non *rompea le fontane del grande abisso*, non *apriva le cataratte del cielo*. Le spiegazioni di Whiston adunque sono inammissibili.

Halley, il quale à abbracciato la quistione in una maniera più generale, si è studiato di spiegar la presenza delle produzioni marine lungi da' mari e sui monti più alti mediante l'urto dato alla terra da una cometa.

Noi abbiam già esaminata la quistione, se un simile urto abbia mai avuto luogo. Soggiungeremo qui che, supponendo per un momento di sì, invano cercherebbesi negli effetti d'un simigliante lucontro una spiegazion soddisfacente dei fenomeni osservati. La stratificazione dei depositi marini, l'estensione e la regolarità de' banchi, le loro posizioni, lo stato di perfetta conservazione delle conchiglie più delicate e più fragili; tutte queste cose escludon l'idea d'un trasporto violento, e dimostrano il deposito essersi fatto sopra luogo.

La spiegazione di questi fenomeni non offre più difficoltà dachè la scienza si è arricchita delle grandi vedute di M. Elia di Beaumont sulla formazione delle montagne per sollevamento.

Hanno forse i vari punti del nostro globo cambiato subitaneamente di latitudine per l'urto d'una cometa?

In tutte le regioni d'Europa si rinvengono ossamenti di rinoceronti, di elefanti e d'altri animali che non potrebbon vivere oggi sotto quelle latitudini. Vuolsi dunque supporre o che l'Europa à subito un notabile raffreddamento o che in una delle violente commozioni, di cui il nostro globo presenta le tracce, quegli ossamenti sieno stati trascinati da correnti dirette da mezzodì a settentrione.

Ma queste ipotesi mal s'adatterebbero alla spiegazione di due scoverte moderne le quali àn molto occupato i dotti. Fu trovato nel 1771 sulle rive del Wilhoui in Siberia ad alquanti piedi di profondità un rinoceronte in istato di completa conservazione; le sue carni, la sua pelle non erano menomamente danneggiate. Alcuni anni dipoi, nel 1799 si scoperse presso la foce del Lena sulle spiagge del mar glaciale un grand'elefante, rinchiuso in un ammasso di fango gelato e conservato sì bene che i cani ne mangiavan la carne.

Come spiegar la presenza di questi due grandi animali in regioni cotanto discoste da quelle ov'essi vivono? Qui l'intervento delle correnti non è più ammissibile, giacchè, se quegli animali non fossero stati colti dal gelo immediatamente dopo morte, la putrefazione gli avrebbe decomposti. Essi dunque àn dovuto vivere ne' luoghi ove sono stati trovati. Laonde da un canto la Siberia à dovuto altravolta avere una temperatura eleva-

ta, poichè gli elefanti e i rinoceronti vi viveano; dall'altro la catastrofe nella quale questi animali perirono à dovuto render repentinamente gelida quella regione.

Da queste deduzioni all'urto di una cometa ricevuto dalla terra non v'è che un passo, giacchè questa sola causa noi conosciamo capace di produrre un cangiamento subitaneo e brusco nelle latitudini del nostro globo.

È ammessibile questa spiegazione?

Noi crediamo. È sulle prime è egli fermato che l'elefante del Lena, il rinoceronte del Vilhoul non abbian potuto vivere sotto il clima attuale della Siberia? Non mica, è permesso dubitarne, chè siffatti animali, simili per altro di forma e di grandezza a quelli che abitano oggi l'Affrica e l'Asia, da questi però si distingueano per una particolarità notevolissima; portavano una specie di pelliccia. La pelle del rinoceronte era ispida di peli duri della lunghezza di 7 a 8 centimetri e quella dell'elefante era coperta di crini neri e d'una lana rossiccia; il suo collo era munito di lunga giubba; circostanze da aversi in conto e le quali menano a credere fossero questi animali nati per vivere nelle regioni settentrionali.

Del resto un viaggiatore celebre à recentemente certificato che il tigre reale, il quale appartiene a' paesi più caldi, vive ancora ai dì d'oggi in Asia sotto altissime latitudini, e che si avanza di està fino al pendio occidentale dell'Altaï. Or perchè il nostro elefante coperto di pelliccia non avrebbe potuto trasferirsi durante l'està sino in Siberia? Un accidente ordinarissimo colà, una frana, a cagion d'esempio, è bastata a seppellirlo sotto strati congelati capaci di preservarlo da ogni putrefazione: chè sotto quelle latitudini la terra ad una profondità di dieci a dodici piedi sta eternamente gelata.

Non è dunque in veruna guisa necessario, per rendersi conto delle scoverte del Lena e del Vilhoul, di ricorrere all'urto recato alla terra da una cometa. D'altra banda questa supposizione che noi abbiamo riconosciuta inammissibile, qui nulla spiegherebbe. Dappoichè, se pretendesi ad ogni costo che la Siberia sia stata altra volta in vicinanza dell'equatore, fa d'uopo necessariamente ammettere ch'essa era allora coperta d'un gonfiamento liquido di più di 5 leghe di spessezza prodotto dal movimento rotatorio della terra; e dove porre allora il nostro rinoceronte e il nostro elefante.

Il Sig. Elia di Beaumont à rannodato ingegnosamente la soluzione del problema originato dalla scoverta degli elefanti in Siberia al suo sistema sulla formazione delle montagne. Egli suppone che, essendosi il Tian-Chan sollevato d'inverno, in un paese le cui valli nutrivano gli elefanti e le montagne eran coperte di neve, i vapori caldi usciti dal seno della terra nel momento della convulsione àn liquefatta in parte quella neve e prodotta una gran corrente d'aria alla temperatura di 0 gradi. Che una tal corrente trascinando seco i cadaveri degli animali che trovava sul suo passaggio gli à portati in otto dì, senza che la putrefazione potesse cogliergli, ne' paraggi della Siberia, ove sono stati incontanente presi dal gelo.

Qual è la causa della depressione del suolo che presenta una gran parte dell'Asia? È forse l'urto di una cometa?

Avvi in Asia una vasta regione di 18m leghe quadrate occupata in gran parte dal mar Caspio e in cui trovansi delle città popolose, la quale offre una depressione di 100 metri al di sotto del livello del mar Nero e dell'Oceano.

A voler render ragione di siffatto enorme avvallamento d'un'intera contrada si è avuto ricorso, come in tante altre congiunture, all'ipotesi che una cometa avesse urtata la terra in quel sito.

Questa spiegazione proposta da Halley è abbandonata al presente. La terra, noi l'abbiam veduto non è mai stata scontrata da una cometa, e il fenomeno geografico che stiamo discutendo si spiega senza questa supposizione.

La è un'opinione generalmente accolta oggi che le montagne sonosi formate per via di sollevamento, ch'elle sono uscite dal seno della terra, rompendone violentemente la crosta. Or la conseguenza necessaria d'un sollevamento è la produzione d'un voto sotto i terreni circostanti e la possibilità del loro abbassamento ulteriore.

Gittiamo gli occhi sulla carta geografica; noi vedremo l'Asia esser più abbondante di masse sollevate che veruna altra parte del mondo e intorno alla regione depressa, di cui abbiam fatto motto, elevarsi una moltitudine di grandi catene, l'Iran, l'Hymalaya, il Kuen-Lun il Thian-Chan, il Caucaso, i monti dell'Armenia, quelli d'Erzerum ec. Perchè dunque non avrebbe il sollevamento di grandi masse determinato un corrispondente divallamento de'terreni intermedi?

Questa spiegazione parrà più plausibile ancora, se aggiungiamo che nelle regioni di cui si tratta il suolo non è mi-

ca arrivato a uno stato di completata stabilità e che il fondo del mare Caspio, per esempio, presenta delle alternative di depressione e di sollevamento.

Duodecima lezione

Degli Eclissi.

Non altrimenti che le comete, gli eclissi erano un tempo oggetto di spavento popolare; ma oggi tutto il mondo conosce esser questi fenomeni una conseguenza delle leggi di natura, e che si predicono con eguale esattezza come la successione del giorno e della notte.

Eclissi di luna.

Essendo la terra un corpo opaco e rotondo, il sole non può rischiararne a un tempo che una parte, dal che segue che essa proietta un' ombra di contro a lui. Qual è la forma di quest' ombra? quali ne sono le dimensioni? Se il sole e la terra fossero di pari grandezza, l'ombra sarebbe cilindrica e d'un' estensione infinita; ma, stantechè la terra è di molto più piccola del sole, l'ombra ch'essa projetta forma un cono di lunghezza sufficiente da giungere alla luna, non però sino a Marte, il qual cono è stato calcolato di 3om. leghe. A' fianchi del cono sono delle ombre men fitte formate dall'intercettamento d'una parte sola de'raggi solari e la cui intensità decresce a misura che quelle si discostano dall'ombra conica. Questa tinta intermedia tra la luna e l'ombra pura à ricevuto il nome di *penombra*. Per determinare i limiti s'ànno a tirar delle linee le quali, partendo dagli orli del sole, vanno, dopo essersi intersecate, a rasentar la superficie della terra. Queste linee prolungate formano un cono tronco, ch'è quello della penombra. Così sia (fig. 34. tav. 2) S il sole E la terra. Il cono d'ombra *abf* si termina in *f*, punto in cui i raggi partiti da'lembi del sole si scontrano dopo aver rasentata la terra, e il cono tronco *abcd* è quello che forma la penombra.

Sicchè, allorquando la terra verrà a collocarsi tra il sole e la luna, questa dovrà esser coperta da oscurità e vi sarà eclisse lunare. L'eclisse sarà *totale* o *parziale* secondo che quell'astro si prolungherà interamente o in parte nel cono d'ombra. Essa sarà *centrale*, se il centro della luna coincide esattamente con quello dell'ombra terrestre.

Se il piano nel quale si muove la luna non fosse inclinato sull'eclittica, quell'astro s'eclisserebbe ad ogni luna piena; ma, siccome l'orbita ch'esso descrive taglia l'eclittica lungo la linea de' nodi, essa prende relativamente a quel piano diverse posizioni. Se nel tempo della sua opposizione ella è lontana da' nodi, scalfirà l'ombra terrestre senza penetrarvi, e questo accade il più sovente; ma, se la linea che congiunge i centri del sole, della terra e della luna è retta o quasi retta, il che segue quando l'ultimo de' suddetti astri è ne' nodi o in vicinanza, saravvi eclisse.

Per esprimere l'estensione dell'eclisse, si suppon la luna divisa in dodici zone eguali e parallele, che si chiaman *digiti*. Così quando il terzo o la metà del disco è eclissata, dicesi l'eclisse esser di quattro o sei digiti. Ove l'eclisse sia totale ed il diametro dell'ombra sia maggior di quello della luna, si dice che l'eclisse è di più di dodici digiti e il novero de' digiti vien determinato proporzionalmente.

Tutti gli eclissi di luna completi o visibili in tutte le parti della terra che àn la luna sopra l'orizzonte son dappertutto della medesima grandezza, ànno il medesimo cominciamento e la medesima fine. È sempre il lato orientale del disco della luna quello che si immerge il primo, vale a dire il lato manco, quando si mira dal nord.

La luna, avvicinandosi al cono d'ombra, perde insensibilmente del suo fulgore, perocch' essa entra allora nella penombra, la cui intensità abbiam veduto aumentar gradatamente sino ai lati dell'ombra conica. Arrivata in quest'ombra, ordinariamente non disparisce del tutto, anche allorchè l'eclisse è totale, giacchè essa riceve alcuni raggi luminosi, i quali vengon per via di rifrazione a illuminarla nel cono d'ombra. Intanto la si è vista talora scomparire affatto, allorquando l'atmosfera, ingombra di nuvole, non le tramandava più raggi rifratti.

Noi abbiamo già detto che gli eclissi di luna son visibili da tutt'i punti della terra i quali àn la luna in sull'orizzonte, e che ànno per tutti questi punti la medesima estensione; ma dobbiamo aggiungere che il tempo in cui vengon visti varia secondo la longitudine, il che può somministrare un mezzo di determinar la longitudine del luogo ove altri si trova. Gli eclissi di luna non eccedon mai due ore, però possono esser men lunghi

Eclissi di sole.

Allorchè la luna viene a interporsi fra il sole e la terra, il primo di questi astri è eclissato. L'eclisse è *parziale*, quando la luna non cela che una parte del disco del sole; è *totale* quando lo copre tutto quanto; è *annulare*, allorchè il sole, mascherato dalla luna, la cinge tutt' intorno sotto la forma d'un anello luminoso; finalmente è *centrale*, allorchè l'osservatore si trova sul prolungamento della linea che congiunge i centri della luna e del sole. Avendo la luna presso a poco la stessa figura della terra, la sua ombra e la penombra formansi alla stessa guisa; se non che, siccome essa è più piccola di molto, il cono della sua ombra non può mai covrire altro che una parte della superficie terrestre. Infatti è noto a ciascuno, un eclisse solare non aver mai luogo per tutta la terra contemporaneamente, ed è agevole vedere che un eclisse di sole, il quale sarà totale per un luogo, potrà essere invisibile per un altro, avvegnachè quest'ultimo s'abbia il sole sopra l'orizzonte. Soltanto, attesochè la luna passa avanti a tutt' i punti del disco solare, ella gli occulta a mano a mano per diverse parti della terra nel verso del suo movimento da ponente a levante. Nel maggior numero degli eclissi solari il disco della luna va coperto d' una luce fievole che proviene dalla riflessione dovuta alla porzione rischiarata della terra.

Il diametro apparente della luna, quando è al suo massimo, non eccede il diametro minimo del sole salvochè di 1', 38". Laonde il più lungo eclisse totale del sole che possa avvenire non durerà mai più di quel tempo che si richiede alla luna per percorrere 1'.38" di grado, cioè presso a 3'13" di tempo.

Medesimamente che gli eclissi lunari, gli eclissi di sole misuransi in digiti.

Ecco in qual modo accade il fenomeno generale degli eclissi. Sia (fig. 36, tav. 2.) S il sole, YY, la terra, M la luna, e AMP l' orbita di lei. Se noi tiriamo le linee *Wce* e *Vde*, lo spazio oscuro *cde* compreso fra le linee sarà il cono d'ombra della luna: le linee *Wdh* e *Veg* determinano i limiti della penombra *abcdgh*. Ciò posto, la luna si muove nella sua orbita dall' ovest all' est come da M a P. Un osservatore collocato in *b* vedrà il lembo orientale della luna *d* toccar il lembo occidentale del sole W e l' eclisse comincerà per lui. Ma nello stesso momento il lato ovest della luna in c abbandona il lato ovest del sole in V, e l'eclisse finisce per l'osservatore situato in *a*: vi à dunque eclisse del sole per tutt'i punti intermedi fra *a* e *b*. Ma egli è evidente, conforme addita la figura, il sole non esser totalmente eclissato ad un tempo stesso, tranne per una picciola parte della terra, posciachè la sola estremità del cono d' ombra tocca il globo terrestre.

Il ritorno degli eclissi non succede se non dopo un sufficiente intervallo di tempo. Gli eclissi non possono accader che alle sizigie: la rivoluzion sinodica de'nodi compiendosi in non meno di giorni 346,14h,52',16", si trova con la rivoluzion sinodica della luna nel rapporto di circa 223 a 19. Adunque dopo un periodo di 223 lunazioni il sole e la luna troverannosi nella stessa posizione in rispetto al nodo lunare. Questa osservazione serve per predire il ritorno degli eclissi. Il calcolo à dimostrato ch' esso à luogo ogni 18 anni e mezzo.

Siccome gli eclissi totali del sole son rarissimi, forse si leggerà non senza interessamento la descrizion seguente fatta ad Halley da un suo amico.

« Mandovi, giusta la mia promessa, le osservazioni per me fatte sull'eclisse solare, benchè tema non debban poter esservi gran fatto utili. Sfornito de'necessari strumenti per misurare il tempo, io m' ero unicamente proposto di esaminare il quadro che la natura presenta in una circostanza assai notevole, quadro il quale generalmente è stato trascurato o almeno male studiato. Elessi per luogo d'osservazione un sito denominato Haradow-Hill a due miglia da Amsbury e ad oriente della gola di Stonehenge alla quale serve di punto di vista. Di rincontro sta il piano ove s'erge quel celebre edifizio su cui io sapeva che l'eclisse si dirigerebbe. Avevo inoltre il vantaggio d' una prospettiva estesissima da ogni banda, mercecchè stavo sulla collina più elevata di que' dintorni e la più vicina al centro dell'ombra. All'ovest, di là da Stonehenge, evvi un'altra collina, piuttosto erta che no, simigliante al vertice d'un cono, che s'innalza al di sopra dell'orizzonte; vo'dir Claye-Hill, sito presso Westminster il quale trovavasi vicino alla linea centrale dell'oscurità che partir dovea da quel punto, per guisa che lo poteva esser prevenuto un certo tempo prima del suo approssimarsi. Erano meco Abramo Sturgis e Stefano Ewens, entrambi abitanti del paese e persone culte. Il cielo, avvegnachè coverto di nubi, lasciava penetrar qua e colà dei

raggi di sole i quali mi permetteau di vedere all'intorno. I miei due compagni rimiravano attraverso di vetri affumicati nell'atto che io prendeva qualche conoscenza del paese. Il mio oriuolo segnava le cinque e mezzo, quando fui avvertito che l'ecilsse era principiato. Ne osservammo per conseguenza il progresso ad occhio nudo, postochè le nubi faceau l'ufizio di vetri colorati. Nel momento che il sole era per metà coverto, presentava alla sua circonferenza un arco baleno circolare sensibilissimo con colori perfetti. A mano a mano che l'oscurità cresceva, noi vedevam da ogni parte i pastori che si affrettavano a far ritirare le lor gregge nel chiuso; come quelli che s'attendeano un ecilsse totale d'un'ora e un quarto di durata.

« Quando il sole prese il sembiante d'una luna nuova, il cielo era abbastanza chiaro; ma si covrì tosto di nubi più fitte. L'arco baleno svanì; la collina scoscesa di cui abbiam parlato divenne oscurissima, e da'due fianchi, cioè al nord e al sud, l'orizzonte prese una tinta bien analoga a quella che presenta nella state al declinar del giorno. Avemmo appena l'agio di contar fino a dieci, che il campanile di Salisbury, il quale è posto a sei miglia al sud, fu cinto di tenebre. La collina disparve all'intutto, e intorno a noi si fe' la notte più buia. Perdemmo di vista il sole, di cui sino allora avevam potuto distinguere il sito infra le nubi, ma poi non ne ravvisammo la menoma traccia, nè più nè meno che s' ei non avesse punto esistito. Il mio oriuolo, che con difficoltà vennemi fatto di vedere mercè l'aiuto di alquanta luce che ci giungea dal settentrione, segnava 6 ore e 3 i min. Poco innanzi la volta celeste e la superficie della terra aveau preso una tinta livida, a parlar propriamente, giacchè era un misto di nero e di bleu, se non che il bleu dominava sulla terra e all' orizzonte. Eravi esalando molto nero frammischiato nelle nubi, per forma che l' insieme presentava un quadro spaventevole il quale pareva annunziasse la dissoluzione della natura.

« Eravamo ora involti in una tenebria totale e palpabile, se così posso dirla. Essa venne tutto d'un tratto, ma io stava sì attento che potei scorgerne il progresso. Ci fece l'effetto d' una pioggia e cadde sulla spalla sinistra (noi guardavamo a ponente) a guisa d'un gran mantello nero o d'una coltre da letto che ne si fosse gittata in dosso, ovvero di una cortina che si fosse tirata da quella banda. I cavalli che noi tenevam per la briglia l'avvertirono sensibilissimamente e ci si strinsero accosto, colti da sorpresa grande. Per quel che mi fu dato vedere, i volti de'miei vicini aveano una sembianza orrenda. In questa guardai intorno a me, non senza mandar delle grida d'ammirazione. Io discernea de' colori nel sole, ma la terra avea perduto il suo bleu ed era compiutamente nera. Alcuni raggi solcaron le nubi per un momento, ma tosto dipoi il cielo e la terra apparvero perfettamente neri. Era lo spettacolo più spaventevole che veduto avessi in mia vita.

« Al nord-ovest del luogo onde venia l'eclisse mi fu impossibile far la minima distinzione tra il cielo e la terra, in una larghezza di presso a sessanta gradi o più. Noi cercavamo indarno la città di Amsbury cui stavamo a cavaliere: era pur molto che vedevam la terra su cui andavamo. Io mi voltai diverse fiate durante quel tenebrore totale, e rilevai che a buona distanza all'ovest l'orizzonte era perfetto da ambi i lati, val dire al nord e al sud; la terra era nera e la parte inferiore del cielo chiara; l'oscurità che si estendea perfino all' orizzonte in quelle parti faceva sulle nostre teste l'effetto d'un baldacchino adorno di frange d'un colore più sbiadato; per modo che i lembi superiori di tutte le colline cui lo ravvisava perfettamente alla forma e a' contorni, disegnavano una linea nera. Io vidi distintamente, che l'intervallo di luce e di tenebre che l'orizzonte presentava al nord era fra Mortinsol e Saint-Anne; ma al sud esso era men definito. Non vo' già dir che la linea dell' ombra passasse tra quelle colline che trovavansi a dodici miglia da noi; ma sino a quel punto a cui io potei giugnere a distinguer l'orizzonte, non ce ne avea mica di dietro. Ed eccone la ragione. L'elevatezza del terreno sul quale io stava permisemi di veder la luce del cielo di là dell'ombra; nondimanco quella linea di luce che io vedea giallognola e verdastra era più larga a borea che ad ostro, ove presentava un color di polvere di concia. A quest'epoca facea troppo buio dietro di noi, cioè all'est tirando verso Londra, perchè io potessi veder le colline situate al di là di Andoves; perocchè l' estremità anteriore dell'ombra trapassava quel luogo. Ondechè l'orizzonte trovavasi allora diviso in quattro parti, le quali differivan tra loro d'estensione, di luce e d'oscurità. La più larga e più nera stava al nord ovest, e la più lunga e più chiara al sud-ovest. L'unico cambiamento che mi venne fat-

to scorgere in tutta la durata del fenomeno fu che l'orizzonte si divise in due parti, una chiara, l'altra oscura. L'emisfero settentrionale acquistò ancora più lunghezza, chiarore e larghezza, e le due parti opposte si riunirono.

« Del pari che avea fatto l'ombra sul cominciamento, la luce mosse dal nord e si fe' sentire sulla nostra spalla diritta. Io non potei per verità da questa parte distinguer nè luce nè ombra definita sulla terra che osservavo attentamente, ma era manifesto come essa non tornava che a poco a poco facendo delle oscillazioni; retrocedeva alquanto, si portava rapidimente più lungi sinchè alla fine al primo punto brillante che apparve in cielo, nel sito ove trovavasi il sole, io scersi con sufficiente distintezza un lembo di luce che ci sfiorò il lato per un buon pezzo o ci rasentò i gomiti dall'ovest all'est. Avendo dunque buona ragione di suppor l'eclisse terminato per noi, io guardai al mio oriuolo e trovai che l'indice avea percorso tre minuti e mezzo. La vetta delle colline ripigliò allora il suo color naturale ed lo vidi un orizzonte nella parte ove prima trovavasi il centro dell'oscurità. I miei compagni gridarono che rivedeano il colle scosceso in sul quale avean diretto con attenzione gli occhi. Esso rimase, per vero dire, ancor nero al sud-est; ma non intendo perciò che rimanesse tuttora difficile di scoprir l'orizzonte.

« Noi udimmo incontanente il canto delle lodolette le quali celebravano il ritorno della luce, dopo che tutto era stato sepolto in profondo e universale silenzio. Il cielo e la terra apparirono allora come il mattino, avanti il sorger del sole. Il primo assunse una tinta grigiastra mescolata d'un po'più di bleu, la seconda, per quanto potè distendersi la mia vista, ne prese una verde-fosca o rossa.

« Tosto che il sole apparve, le nubi s'addensarono, e la luce non divenne perciò punto più viva per uno o più minuti, conforme accade in un mattino nuvoloso che si va chiarendo lentamente.

« Nell'istante in cui l'eclisse fu totale sino al momento dell'emersione del sole noi vedemmo indistintamente Venere, ma da essa in fuori nessun' altra stella. In questa scorgemmo il campanile di Salisbury. Le nubi non dissipandosi, non potemmo menar più avanti le nostre osservazioni; quelle per altro si dileguaron molto in sulla sera. Io senza indugiare son corso a casa per iscriver questa lettera. Lo spettacolo che v'ò descritto à fatta sulla mia mente tale impressione, che io potrei lungo tempo ripetere tutte le circostanze di esso con la stessa precisione che oggi. Dopo cena io ne ò fatto il disegno, seguendo la mia immaginazione, sopra la medesima carta ove prima avea delineata una veduta del paese.

» Vi confesso che io era in Inghilterra il solo, pensomi, che non maledicesse alla presenza delle nubi, perocch'elle accrescean d'assai la solennità dello spettacolo da me giudicato incomparabilmente superiore a quello del 1715 che godei perfettamente dall'alto del campanile di Boston in Lincolnshire ove l'aere era purissimo. Quivi alla verità io vidi i due lati dell'ombra venir da lungi e passare a una gran distanza dietro di noi; ma questo secondo eclisse avea molta svariatezza e ispirava più terrore; di maniera che ò da felicitarmi che siami incontrato vedere in modo sì diverso questi due accidenti della natura. Io avrei impertanto rinunciato volentieri a un piacer cotale per la soddisfazione più preziosa di conferire ai perfezionamento della teorica dei corpi celesti, della quale il mondo à testè ricevuto da voi un esempio di calcolo sì esatto. Nostro unico voto stato sarebbe di poter alcuna cosa aggiungere alla vostra gloria, la quale, punto non ne dubito, in simil congiuntura non si sarebbe smentita.

Decimaterza Lezione

Delle Maree.

Il fenomeno delle maree trova qui naturalmente la sua spiegazione. Una immensità d'ipotesi si son recate in mezzo sulla causa di quelle fluttuazioni irregolari e periodiche dell'Oceano, e, benchè la loro relazione co'movimenti della luna sia stata da antichissimo avvertita, Keplero però riconobbe il primo, essere l'attrazione esercitata da quell'astro la causa che le produce. Newton poscia fe'vedere come la detta opinione è in armonia con le leggi della gravitazione, e, deducendo le conseguenze del principio posto da Keplero, spiegò come le maree si formano alle due bande della terra opposte alla luna. Questa teoria è al dì d'oggi superiore a qualsiasi contestazione.

Le acque del mare ànno una mobilità che le fa cedere alle più lievi impressioni; l'Oceano è aperto da ogni lato, e i grandi mari comunican fra loro: queste circostanze contribuiscono alla produzion

delle maree, le quali àn per causa primaria l'azione combinata del sole e della luna.

Consideriam sulle prime l'azione della luna. Egli è patente che l'ineguaglianza di siffatta azione è quella la quale origina le maree, e che le maree non vi sarebbono, qualora la luna operasse in moto uniforme sopra tutta l'estension dell'Oceano, val dire imprimesse delle forze eguali e parallele al centro di gravità della terra e alle molecole tutte del mare; giacchè allora, essendo l'intero sistema del globo animato da un moto solo, l'equilibrio di tutte le parti sarebbe mantenuto. Questo equilibrio dunque non vien turbato che dalla disuguaglianza e dal non parallelismo delle attrazioni dalla luna esercitate. Si concepisce infatti che l'azion di lei, obbliqua sulle molecole del mare che stanno in quadratura con essa e diretta su quelle che in linea retta le corrispondono, rende le prime più pesanti e più leggiere le ultime. È forza quindi, onde ristabiliscasi l'equilibrio, che le acque s'elevino sotto la luna, affinchè la differenza di peso da una maggior altezza vada compensata. Le molecole del mare situate nel punto corrispondente dell'opposto emisfero, meno attirate dalla luna di quello sia il centro della terra per riguardo della loro maggior distanza, porterannosi meno verso quell'astro che non faccia il centro della terra: per il che questo dovrà discostarsi dalle molecole, le quali d'indi in poi saranno a una maggior distanza da esso, e verranno inoltre sostenute a tale elevatezza dal cresciuto peso delle colonne giacenti in quadratura e comunicanti con esse.

Rendiamo ciò sensibile mediante una figura. Sia ABCDEFGH (fig. 37. tav. 2) la terra ed M la luna. Esercitandosi l'attrazione in ragion inversa del quadrato delle distanze, le acque locate in Z saran più gagliardemente attirate di quelle in B e in F, la cui direzione obbliqua si decompone. Le acque in Z dovran dunque innalzarsi. D'altra parte il centro della terra O, più prossimo alla luna che le acque stanziate in N, sarà più potentemente di esse attirato; s' accosterà quindi più alla luna, o, a dirla altramente, si dilungherà dalle acque poste in N, le quali saranno ancor sostenute dalle più gravi molecole delle quadrature: più gravi, postochè l'attrazione obbliqua della luna si decompone ed aumenta il lor peso. E veramente le acque che giacciono in B e in F, da questa forza obbliqua cacciate, tendono ad appressarsi ad O. Di ciò segue che formeransi sopra la terra due menischi acquei, l'uno dalla banda della luna in Z, l'altra dalla banda opposta in N, il che darà alla terra la forma d'uno sferoide allungato il cui asse maggiore passerà pel centro della terra e della luna. Si fa aperto da questo che non sarebbouvi in ciascun luogo tranne due elevazioni delle acque per mese, qualora la terra non avesse un moto di rotazione. Vediamo un tratto qual complicamento siffatto moto rechi al fenomeno.

Dal moto della terra sul proprio asse la parte più elevata dell'acqua è portata di là dalla luna nel verso della rotazione; ma l'acqua ubbidisce tuttavia all'attrazione che à ricevuta e seguita d'elevarsi dopo aver abbandonata la sua postura diretta sotto la luna, comechè l'azione immediata di quest' astro non sia più tanto gagliarda. Cotalchè allora l'acqua tocca la sua massima elevazione, quando la luna à cessato d'essere nel meridiano del luogo ove essa si trova.

Ne'mari aperti, in cui le acque corron liberamente, la luna sta in p, allorchè le acque più alte stanno in Z e in N. Si concepisce infatti che, ove ben l'attrazione dell'astro fosse cessata all'intutto dopo la sua uscita del meridiano, il moto d'ascensione alle acque comunicato continuerebbe ancor qualche tempo ad elevarle; ed a maggior ragione quest' effetto debbe avverarsi quando l'attrazione non fa che scemare.

Da un altro canto, allorchè la luna solleva le acque in Z e in N, le abbassa in B e in F; giacch'elle non possono ascendere in un luogo senza calare in un altro; e reciprocamente le abbassa in N e in Z quando le alza in F e in B. Ma in virtù del movimento di rotazione della terra la luna passa tutt'i giorni pel meridiano superiore e per l'inferiore di ciascun luogo; laonde vi genererà due innalzamenti e due depressioni delle acque, la qual cosa effettivamente interviene.

Noi abbiam sino al presente considerata l'azione isolata della luna: vediamo come con questa si combini l'azione del sole.

La forza attraente dal sole esercitata sopra la terra vince di molto quella che dispiega la luna; ma, essendo la distanza che separa dalla terra il primo di quei due astri verso a quattrocento volte più grande che essa non è pel secondo, le forze dispiegate dall' uno sulle varie parti del nostro pianeta si avvicinano assai più al parallelismo e seguentemente all' eguaglianza che quelle dell' altro. E, come noi abbiam visto l'ineguaglianza d'azion della luna esser delle maree la cau-

sa, l'azion del sole, di lunga mano più eguale, debb'esser meno idonea a generare il medesimo effetto. Si è calcolato che la sua influenza è presso a due volte e mezzo più debole di quella della luna. Ella è per altro intensa quanto basta a produrre un flusso e un riflusso; di guisa che avvi in realtà due maree, una lunare, una solare, i cui effetti l'uno all'altro si sommano o si sottraggono giusta la direzion delle forze che gli originano. E però quando la luna è piena o nuova, val dire nelle sizigie (fig. 38 tav. 2) i due astri si trovan nello stesso meridiano, i loro conati cospirano e l'effetto à da essere il massimo possibile. Quando, per contro, la luna è in quadratura (fig. 39), essa tende a innalzar le acque che il sole tende ad abbassare e viceversa, per modo che, i conati de' due astri contrariandosi, l'effetto dev'essere il più fievole che è possibile.

Da ciò consegue che il mare esser dovrebbe alto nell'istante in cui la forza risultante delle attrazioni del sole e della luna vi è giunta alla sua massima intensione; ma noi abbiam veduto così non essere. Difatti ne'giorni della luna nuova, ne'quali i due astri esercitano l'azion loro secondo una medesima direzione, l'istante della maggiore intensità di quest'azione è quello del loro transito simultaneo pel meridiano ossia quel di mezzodì. Frattanto il mare ordinariamente non è alto che alcun tempo dopo il mezzodì. L'esperienza à fatto noto come la marea che segue ne'giorni di luna nuova è quella stata prodotta 36 ore innanzi dall'azion del sole e della luna; si è notato per giunta che in tal epoca il mare alto si avvera maisempre alla stess'ora. Si è conchiuso da ciò, l'intervallo di tempo tra il momento del mare alto e l'istante in che i due astri esercitano la maggior loro azione esser costantemente il medesimo. La seconda conseguenza che da questi due fatti si è desunta è che l'azion della forza del sole e della luna si fa sentir ne'porti e sulle spiagge mediante l'azion successiva delle onde e delle correnti. Noi abbiam detto che, ne'dì di luna nuova o di luna piena, l'istante in cui i due astri esercitano la maggior azione quello si è del passaggio della luna pel meridiano: il medesimo vaglia pel primo e l'ultimo quarto. Gli altri giorni il detto istante talfiata precede il passaggio e tal altra gli tien dietro, però mai di gran tratto non se ne disgiunge, dachè la forza attrattiva della luna è, conforme detto abbiamo, di quella del sole considerabilmente maggiore. Coteste forze e il ritardo o l'anticipar della marea sull'ora del transito della luna pel meridiano variano secondo che i due astri discostansi dalla terra ovvero le si avvicinano, secondo che le loro declinazioni aumentano o diminuiscono. I flussi son più alti e i riflussi più bassi in tempo degli equinozi in marzo e settembre, concossiachè in quest' epoca le circostanze tutte, che possono sull'elevamento delle acque, concorrono per produrre il maggiore effetto.

Ecco ora le circostanze primarie del fenomeno delle maree. Il mare corre durante 6 ore all'incirca da borea ad ostro, gonfiandosi per gradi; resta quasi un quarto d'ora stazionario e si ritira dal sud al nord in 6 altre ore. Dopo un secondo riposo d'un quarto d'ora ricomincia a gonfiarsi e così di seguito

Il tempo del flusso e del riflusso è, per termine medio, d'intorno a 12^h 25', la metà del giorno lunare il quale è di 24^h 50', tempo che intercede fra due ritorni successivi della luna allo stesso punto del meridiano. Sicchè il mare subisce il flusso e riflusso in un luogo quante volte la luna transita pel meridiano, vuoi superiore vuoi inferiore, di esso luogo, vale a dire due volte in 24^h 50'.

Queste leggi del flusso e riflusso sarebbon pienamente d'accordo co'fenomeni, ove le acque del mare tutta covrissero la superficie del globo; ma la cosa non istà punto così; chè soltanto il mare alto il presenta quali noi descritti gli abbiamo; avendo l'Oceano sufficiente estensione onde l'azion del sole e della luna possa liberamente esercitarvisi. Ma questi fenomeni son per necessità modificati in vicinanza al lido dalla direzione de'venti, dalla situazion delle rive e da una immensità di accidenti del terreno.

Le maree fannosi sentir nei grandi fiumi de' quali fanno calar le acque; talune volta son sensibili fino a dugento leghe della foce.

I laghi non subiscon maree, come quelli che son troppo piccoli per poter la luna farvi sentire la sua azione in un modo inegnale. Senzachè passa ella sì rapidamente sulla superficie loro che l'equilibrio non avrebbe il tempo di turbarsi.

Se nel Mediterraneo e nel Baltico neppure s'osservan maree, la ragion n'è che le aperture onde quei gran laghi comunican con l'Oceano son talmente strette che essi non possono, in sì breve tempo, ricever tant'acqua quanta sarebbe me-

stieri affinchè il loro livello ne venisse sensibilmente elevato.

Nelle isole delle Indie occidentali le maree son bassissime: di rado elevansi più su di 12 o 15 pollici. Questa anomalia sembrar può tanto più degna di nota in quanto que' paraggi, accosto all'equatore, àn da essere sottoposti a una forza attraente sommamente energica. Ma si concepirà di leggieri non dover le acque alzarsi gran fatto in vicinanza di quelle isole, se si badi che, girando la terra dall'ovest all'est, il flusso avviene in senso opposto e va a simiglianza d'un immenso flutto a rompersi contra la costa d'America, la quale l'arresta lì e gli toglie di passar con la luna nell'Oceano Pacifico. D'altra banda i venti alisei che spiran del continuo da oriente a occidente oppongonsi al riflusso che vien dall'ovest. Queste due medesime cagioni generano un effetto notabilissimo nel golfo del Messico. I venti e le maree spingon perennemente le acque in quella vasta cavità, ve le accumulano al di sopra del livello generale e con la loro azione incessante le impediscono dal circolare. Così sospese e non potendo vincer le forze che al loro ritorno s' oppongono, quelle acque escono per intorno alla costa occidentale di Cuba, dirigonsi al nord verso la spiaggia d'America e formano la tanto famosa correntedel golfo delle Floridi. Egli è sì vero che le acque s'accumulano nel golfo del Messico, che si è riconosciuto, tirando una linea di livello attraverso l'istmo di Panama, innalzarsi esse quattordici piedi più su che nel mar Pacifico.

Posciachè l'aria è dotata ancor più che le acque di leggerezza e di mobilità, debb'essa altresì obbedire all'azion combinata del sole e della luna ed è forza vi sieno delle maree aeree. Bensì un fatto sembra, a primo colpo d'occhio, infirmare tal conchiusione, ed è che il barometro non diunnzia questi innalzamenti e depressioni successive nell'atmosfera. Ma facil cosa è l'intendere che il barometro deve in effetti restar insensibile a variazioni siffatte, mercechè le colonne d'aria, comunque di diverse altezze, vogliono aver dappertutto il medesimo peso; essendo, come abbiam fatto vedere, l'effetto diretto delle maree di serbar l'equilibrio compensando con l'altezza il minoramento del peso.

—

Decimaquarta Lezione.

—

Determinazione della longitudine e della latitudine.

Per determinar la situazione d'un punto sopra una superficie qualsiasi, è uopo necessariamente che altri conosca la distanza da esso punto a due linee fisse; le quali due linee esser possono differentemente disposte, ma la lor giacitura su quella superficie vuol esser fissata invariabilmente. Nulladimanco, per l'agevolezza delle costruzioni e del calcolo, in vece di dare a quelle una inclinazion qualunque, dispongonsi in modo da comporre insieme un angolo retto. Per guisa che il metodo che adopreremo a formar la posizione de'varii punti delle superficie è nunluamente lo stesso che impiegato abbiamo per determinar la posizione degli astri. Basta infatti conoscer il parallelo su cui trovasi il punto che convien determinare e la sua giacitura sopra il detto parallelo, cioè la latitudine e la longitudine del punto.

Or la latitudine s'ottiene prendendo l'altezza del polo sull'orizzonte, giacchè a quest'altezza essa è infallibilmente uguale. E vaglia il vero, se il punto E (fig. 13, tav. 1) è discosto, per esempio, di 30° dall'equatore verso il polo artico, il suo zenit sarà CF; il cerchio massimo HOH sarà il suo orizzonte; il piano dell'equatore EOZ sarà lontano dallo zenit F di 30°, e però distante dall'orizzonte 60°. Il polo P sarà elevato 30°, misurato dall'angolo HCP.

Ma siccome avvi nell'altro emisfero un cerchio il quale offre le medesime circostanze, occorrerà indicare se la latitudine è boreale o australe. La determinazione presenta maggior difficoltà. Ad ottenerla misurasi in gradi dell'equatore la distanza che separa il meridiano del luogo che si vuol determinare da un altro meridiano noto. Or cotale distanza può sempre ottenersi con certezza, purchè conoscasi l'ora del punto ove si fa l'osservazione e quella del luogo il cui meridiano togliesi a termine di paragone. Infatti, poichè ciascun punto della superficie della terra descrive in virtù del moto di rotazione da cui questa è animata la circonferenza di un cerchio ossia 360° in 24^h, descrive 15° in 1^h, essendo 15 la ventiquattresima parte di 360. Allorchè dunque due punti son dis-

giunti l'un dall'altro di 15° di longitudine, il più occidentale non à il sole al meridiano che un'ora dopo dell'altro, talchè quando questo conta 12h esso à soltanto 11h del mattino. Se la distanza che divide i due punti è di 30°, la differenza è di 2h, e così va dicendo. Data in tal modo la differenza delle ore, non v'è cosa più facile che il conoscer quella delle longitudini e reciprocamente.

Tutta la difficoltà si ristringe dunque a conoscer questa differenza delle ore; e per giugnervi si è ricorso a una infinità di mezzi. Nell'impossibilità di farli conoscer tutti, ci limiteremo a parlar di alcuni.

I tempi esatti ne'quali succedono sotto un dato meridiano gli eclissi di luna e di sole, le occultazioni di stelle per opera della luna, gli eclissi de'satelliti di Giove ec. sono annunziati parecchi anni prima.

Supponiamo un tratto che un viaggiatore, locato a una distanza qualunque all'est o all'ovest da quel meridiano osservi uno de'detti eclissi od occultamenti; costui, ricorrendo alle sue tavole, vedrà l'ora che è al meridiano dato; e la differenza di quest'ora a quella del luogo ove egli sta daragli la sua longitudine. Tutte le volte che il cielo è sereno, si può ricorrere a queste maniere d'osservazioni; essendo i fenomeni che dan loro luogo assai più numerosi che i dì dell'anno: non si à neppur mestieri, per farle, di strumenti molto potenti, solo che in mare riesce molesto l'ondolar del vascello.

Gli oriuoli marini chiamati altresì cronometri riescono d' un grande aiuto per la determinazione delle longitudini. Simili agli oriuoli ordinari, sono essi solamente lavorati con estrema accuratezza e muniti di compensatore per forma che conservino nel loro cammino la maggior possibile regolarità, malgrado le variazioni della temperatura e le scosse inevitabili in un viaggio di certa lunghezza. Si regola l'oriuolo al momento della partenza e poulosi a puntino all'ora del meridiano al quale riferir si vuole la sua longitudine. Per siffatto mezzo si à, in ogni tempo, la differenza d' ore e quindi la longitudine, posciachè si può sempre, prendendo l'ora del luogo ove si sta, confrontarla a quella del primo meridiano data dal cronometro.

Egli è manifesto esser quest' ultimo mezzo di risolver l'importante problema delle longitudini sì semplice e sì agevole, che inutile tornerebbe di mai andarne in cerca di verun altro, se si potesse contar sempre rigorosamente su' dati del cronometro. Ma per mala ventura non è sempre così. Tuttavolta i progressi dell'industria moderna ànno arrecato alla fabbricazione di questi stromenti tal perfezione qual prima non si sarebbe osato sperare.

Se ne trarrà un'idea dal seguente frammento desunto dagli *Elementi di filosofia naturale*; « Si conceda all'autore di questo libro di far partecipe il lettore del piacere e della maraviglia ch' el provò dopo un lungo tragitto dall'America del sud in Asia. Il suo cronometro da tasca e quelli ch'erano a bordo della nave annunziarono un mattino che una lingua di terra indicata sulla carta trovar dovreasi a cinquanta miglia all'est del legno.

S'immagini il giubilo della ciurma, allorchè un'ora dopo, dissipatasi la nebbia mattutina, la sentinella diè il grido consolante di: Terra, terra, avanti, a noi ! confermando così la predizione de' cronometri con solo l'error d'un miglio dopo una distanza sì sterminata. Senza fallo non si può in momento siffatto non restar penetrato da profonda ammirazione pel genio dell'uomo. Si paragonino i pericoli dell'antica navigazione col camminο sicuro delle nostre navi, e neghisi, se sia possibile, gl'immensi vantaggi dell'industria moderna! Qualora il cammino dell'istrumentuccio stato fosse men che tanto alterato durante quello spazio d'alcuni mesi, la sua predizione sarebbe risultata più nociva che profiona; ma sì la notte come il dì, sì nella calma come nella burrasca, sì al caldo come al freddo le sue pulsazioni succedeansi con imperturbabile uniformità, tenendo, a mo' di dire, esatto conto de'movimenti del cielo e della terra, e in mezzo a'flussi dell'Oceano, che mai traccia non serbano, segnava sempre a puntino la situazione della nave, la cui salvezza stava a lui affidata, la distanza che avea percorsa e quella che le rimanea da percorrere ».

Il meridiano al quale ciascun astronomo riferisce le sue osservazioni è pienamente arbitrario, e varia secondo i diversi popoli. Per lungo tempo si accordaron tutti a prender per punto di mossa quello dell'Isola del ferro, la più occidentale delle Canarie; ma quest'uso mano mano s'è perduto, e di presente ogni popolo prende quello che passa per la sua metropoli.

—

Decimaquinta lezione

Dell' atmosfera ne' suoi rapporti coll'astronomia.

L'atmosfera è quell' involucro gassoso che ricopre il nostro globo. Innanzi d'investigar l'influenza ch'essa esercita nell'osservazione de'fenomeni astronomici, è bene di soffermarci un istante all'esame di talune delle sue proprietà.

E primamente, qual è l'altezza dell'atmosfera? Questo quesito si risolve mediante uno degli strumenti più preziosi della fisica, dir vogliamo il barometro, il quale è ordinato a misurar la gravità dell'atmosfera. Si concepisce infatti che, portando successivamente il barometro a diverse altezze, esso dee dinunziar delle differenze nel peso della colonna d'aria alle diverse stazioni, ed una semplice proporzione basterebbe per dar l' altezza assoluta dello strato atmosferico, quand'esso avesse dappertutto la medesima densità. Ma, essendo i gas estremamente compressibili, gli strati inferiori, che àn da sostener tutto il peso de'soprastanti, sono necessariamente più compressi, e la densità della colonna atmosferica deve andar diminuendo dalla superficie della terra agli strati più elevati.

Converrà dunque, per ottener nella colonna di mercurio eguali scemamenti, percorrer montando delle distanze tanto più grandi, per quanto più si salirà. Il calcolo à dimostrato che, supponendo la temperatura dell'aria la stessa per ogni dove, le altezze del mercurio decrescono in progressione aritmetica allorquando le elevazioni sopra il livello del mare crescono in progressione geometrica. Ma uopo è, nel far l'operazione, di ragguardare alla temperatura e allo stato igrometrico de'diversi strati dell' atmosfera. Così si è valutata la sua altezza mezzana che è di 16 a 17 leghe, il suo volume che è il 29mo di quello del globo, e il suo peso che n'è soltanto di 43 millesimi.

Ma che v'à egli di là dell'atmosfera? V'esiste per avventura qualche fluido ovveramente ci à un vôto assoluto? Non sappiamo per vero dire come questa quistione può aver occupato sì lungo tempo i dotti, nell'atto che in realtà non è punto una quistione. Come potrebbero gli spazi celesti esser un vôto assoluto, posciachè son empiti dalla luce? e, qualunque opinione adottisi circa la natura di questo agente, o ch'esso sia un emanazion reale della sostanza de' corpi luminosi, o un fluido messo in moto da questi, egli è aperto come in ambo le ipotesi mai esister non potrebbe il vôto assoluto.

Ciò che merita soprattutto di fissare l'attenzion nostra si è l'azione che l'atmosfera esercita sopra i raggi luminosi che l'attraversano.

Noi abbiam visto, in cominciare, le modificazioni, che la luce subisce transitando da un mezzo in un altro, come essa si rifrange, come i suoi raggi si decompongono.

A siffatta proprietà della luce dobbiam noi le differenti sfumature di che colorasi l'orizzonte all'orto e all'occaso del sole. A lei dobbiamo parimenti di non passare d'un tratto dal giorno alla notte, sibbene d'esser condotti con transizione e lentamente dall'uno all'altra e da questa a quello mercè il crepuscolo e l'aurora. Questi due fenomeni variano secondo la diversità de' luoghi e delle stagioni. Ei s'è calcolato che, a motivo della rifrazion dell'atmosfera, il giorno non cessa interamente per noi se non quando il sole è disceso 18° sotto l'orizzonte.

Un degli effetti della rifrazione atmosferica, è di far variare le posizioni apparenti degli astri. E veramente i diversi strati dell'atmosfera, aumentando in densità per l'accostarsi che fanno alla superficie terrestre, considerar si possono gli uni rispetto agli altri come tanti mezzi differenti. Quindi i raggi luminosi che gli attraversano piegansi via via più, passando da uno all'altro, e, come la densità aumenta insensibilmente, la deviazione della luce, in cambio di farsi secondo rette spezzate, segue una curva la cui concavità è volta alla superficie terrestre. Or di leggieri si concepirà come l'effetto di questa rifrazione è di far vedere gli obbietti al di sopra della reale lor giacitura: imperciocchè, ponendoli noi sempre nella direzion rettilinea del raggio al momento ch'esso penetra l'occhio, così li vedrem sul prolungamento della tangente che sarebbe menata alla curva descritta dal raggio nel punto in cui entra nell'occhio. In tal maniera la rifrazione aumenta le altezze apparenti degli astri.

Della luna orizzontale

È questo il luogo di spiegare un fenomeno che presenta la luna all'orizzonte, noto sotto il nome di luna orizzontale. La luna assume allora una forma ellittica e sembra molto più grande e meno splendida che quando sta al meridiano.

E in prima, per far capo dalla circostanza più agevole a spiegarsi, egli è patente che, se il chiaror della luna è men

vivo all'orizzonte che al meridiano, ciò procede dal dovere i raggi che essa ne tramanda transitar per uno strato atmosferico assai più spesso e assai più denso nella prima che non nella seconda posizione, conforme dà a diveder la fig. 42 tav. 2. Laonde non è da stupire che tali raggi sien più fiochi e più scolorati, massime se si badi che, radendo la superficie terrestre, essi ànno a traversar molti vapori.

Quanto alle dimensioni apparenti del disco della luna, gli è questo un fenomeno il quale à grandemente esercitato i fisici. Qual può mai esser la causa di quell'apparenza, se la luna è più lungi da noi all'orizzonte che allo zenit di quanto è la metà del diametro terrestre, differenza ch'è pur sì lieve da non poter produrre sulle dimensioni apparenti di quell'astro effetto sensibile di sorta? Gassendi era di credere che, sendo la luna men risplendente all'orizzonte che al meridiano, noi apriam davvantaggio la pupilla mirandola nella prima posizione, e pertanto la veggiam più grande. Ma, onde tal conclusione fosse ammissibile, converrebbe che le variazioni nell'apertura della pupilla ne portassero altre nelle dimensioni dell'immagine disegnata sulla retina. Or questo supposto, onninamente contrario a' principi dell'ottica, vien per giunta smentito da'più precisi sperimenti. Altri fisici ànno opinato, forse con più ragione, che, se la luna ci appar più grande all'orizzonte che al meridiano, è perchè noi la supponiamo più lontana. E per fermo, dicon essi, nell'atto della visione, v'entran due cose: l'angolo sotto il quale vediam gli oggetti e la distanza alla quale li suppouiamo. Questo giudizio che noi facciamo, insciamente, sulla distanza viene a emendar l'impressione prodotta dall'immagine; tanto vero che noi sappiamo benissimo valutar la statura di due uomini, ad esempio, comechè stiano a distanze disugualissime da noi e seguentemente ci vengan visti sotto angoli assai differenti. D'una altra sperienza vuolsi anche tener conto. Se altri collochi un oggetto sopra un piano orizzontale e sul prolungamento di esso piano adatti l'occhio, poscia rimiri l'obbietto in maniera da vedervi due immagini (il che sarà se sospinga un cotal po'col dito la palpebra inferiore), le due immagini saran di grandezze diverse; la più vicina sarà minore, e tanto minore quanto più all'occhio si appresserà.

Ciò che prova la differenza nella distanza delle immagini recarne soltanto nelle loro dimensioni apparenti si è che, se facciasi l'esperienza in guisa da aver le immagini sur un piano verticale, si potrà separarle a piacere ch'elle appariranno maisempre di pari grandezza. Or, proseguono i fautori di questa spiegazione, la luna all'orizzonte ci par che occupi la parte inferiore di un segmento sferico ci sembra dunque più discosta che quando sta alla sommità del segmento, cioè allo zenit. D'altronde nella prima situazione, la sua distanza apparente è ancora accresciuta dal paragone che forniscon gli obbietti intermedi. Così il giudizio che si fa sulla distanza modifica l'impressione prodotta dall'immagine, e fa veder l'astro più grande di quel che dovrebbe esser veduto.

Questa è la spiegazione che si dà presentemente. Ma, senza contrastare i principii su' quali si fonda, noi estimiamo che, se la causa assegnata concorre a generar il fenomeno della luna orizzontale, essa però non è la sola, e che un'altra ce ne à la cui azione e gli effetti son molto più evidenti; intendiamo la rifrazione. Difatti i raggi luminosi mossi dalle estremità dal disco lunare giungono all'occhio sotto un angolo aggrandito dal piegamento che l'atmosfera à fatto subir loro gli uni verso gli altri; onde l'astro, così veduto, a motivo della rifrazione, sotto un angolo più ottuso, apparir dee più grande.

Per rispetto alla figura ch'esso assume, la è anche un effetto della rifrazione. La luna, noi abbiam detto, prende una forma ellittica, val dire che il suo diametro verticale è più piccolo dell'orizzontale. E dee così essere, conciossiachè i raggi partiti dagli estremi del diametro orizzontale, penetrando nell'atmosfera sotto il medesimo angolo, sono ugualmente piegati; ma non così i raggi che partonsi dall'estremità del diametro verticale; quelli dell'estremità superiore, entrando nell'atmosfera sotto una direzion più obbliqua di quelli dell'estremità inferiore, son più refratti e quindi fan vedere troppo in alto proporzionalmente le parti del disco da cui emanano. Questa ineguaglianza di rifrazione dee dunque alterar la figura della luna.

Luna d'autunno e del cacciatore.

Poichè teniam proposito della luna, toccheremo di due altri fenomeni ch'ella presenta. Due volte l'anno la luna si leva pressochè alla stess'ora durante qualche settimana: allora piglia il nome di

luna d'autunno e luna del cacciatore.

La luna, conforme abbiam veduto, muovesi nella sua orbita dall'ovest all'est. Allorchè dunque la terra per effetto del suo moto diurno, partita da un meridiano a quello stesso fa ritorno, la luna, la quale à percorso nel medesimo senso poco più del trentesimo della sua orbita, si trova più avanzata di dodici gradi e alquanti minuti. Almen questo interviene quando la si ritrova all'equatore o presso. Ma nelle alte latitudini incontransi rilevanti differenze.

Stantechè il piano della linea equinoziale è perpendicolare all'asse di rotazione della terra, egli è evidente che tutte le parti del circolo equinoziale fanno angoli eguali con l'orizzonte sì ad oriente, sì ad occidente, e che ci à sempre ne'tempi eguali altrettante di queste parti alzate o tramuntate. Cotalchè, se la luna si movesse nel piano equinoziale e precedesse ogniddì il sole di 12°, 11' come fa nella sua orbita, sorgerebbe e tramonterebbe ogniddì cinquanta minuti più tardi.

Ma la sua orbita si dilunga considerevolmente dal piano equinoziale; essa si approssima immensamente più a quella dell'eclittica, e noi possiamo per un momento risguardarli come confusi. Ora le diverse parti di questo piano il quale è obbliquo all'asse della terra, fan coll'orizzonte degli angoli diversi, vuoi a levante, vuoi a ponente. Le parti che sorgon cogli angoli più acuti son quelle che tramontano co' più ottusi e viceversa. In tempi eguali, allorchè quest'angolo è più piccolo, si innalza una porzion maggiore dell'eclittica che quando è più grande. Così, sia (fig. 40 e 41, tav. 2) L la latitudine di Londra, AB l'orizzonte di questo luogo, FP l'asse del mondo, Ee l'equatore. Kk l'eclittica. Questa, a motivo della posizione obbliqua della sfera, nella latitudine di Londra à un'alta elevazione al di sopra dell'orizzonte e fa nella fig. 40 l'angolo AVK di circa 62° 1/2, quando il segno del Cancro è sul meridiano, mentre che la Libra levasi nell'est. Ma, allorchè l'altra parte dell'eclittica sta al di sopra dell'orizzonte, val dire che il segno del Capricorno sta al meridiano e l'Ariete si leva all'est, l'eclittica non fa con l'orizzonte che un angolo piccolissimo kVA (fig.41), di presso a 15° cioè 47° 1/2 più piccolo del primo. Così, la sfera celeste sembrando girare attorno all'asse FP, una maggior parte dell'eclittica si alzerà in un dato tempo quand'essa avrà la giacitura della fig. 41, che quando avrà quello della fig. 40.

Nelle latitudini settentrionali, alloraquando l'Ariete sorge e la Libra tramonta, allora l'eclittica fa l'angolo più piccolo coll'orizzonte; all'opposto il più grande, allorchè la Libra si alza e l'Ariete declina. Dal sorger dell'Ariete a quello della Libra, spazio che rinchiude dodici ore siderali, l'angolo aumenta; diminuisce dal tramontar dell'uno a quel dell'altra. Sicchè l'eclittica si alza più presto verso l'Ariete e più lentamente verso la Libra.

Ma, nel parallelo di Londra, l'eclittica s'innalza di tanto verso i Pesci e l'Ariete in 2 ore quanto l'orbita della luna in 6 dì; durante il tempo ch'ella sta in que' segni le sue levate non son ritardate che di 2 in 6 giorni, il che torna, per termine medio, a 20' il giorno; ma la luna entra, quattordici giorni dopo, ne' segni di Vergine e di Libra opposti a' Pesci e l'Ariete; e sintantochè sia in quelli le sue levate sono ogni dì più tardive di quasi 1^h 15'. Siccome il Toro, i Gemelli, il Cancro, il Leone, la Vergine si seguono, l'angolo formato dall'eclittica con l'orizzonte cresce quand'essi sorgono e scema quando declinano. Quindi le levate della luna sono via via più tarde mentr'essa sta in quelle linee, ed i suoi tramonti fanno un cammino contrario; pol la differenza delle levate va di giorno in giorno minorando negli altri sei segni: lo Scorpione, il Sagittario, il Capricorno, l'Aquario, i Pesci e l'Ariete.

Ma la luna fa il corso dell'ecclittica in giorni 27, 8^h e pone giorni 29 1/2 a ritornare al medesimo punto, di modo che in ciascuna lunazione essa sta in Pesci e in Ariete almeno una volta e in taluni casi due.

Che se il sole non apparisse muoversi nell'eclittica in virtù della traslazion della terra, ogni luna nuova cadrebbe nello stesso segno, ed ogni luna piena nell'opposto, stantechè nell'intervallo la luna farebbe precisamente il giro dell'eclittica. Or come la luna piena sorge a un tempo col cader del sole, per la ragione che, quando un punto dell'eclittica tramonta, il punto contrario si innalza, essa sorgerebbe sempre nelle due ore dell'occaso del sole, sotto il parallelo di Londra, durante la settimana in cui è piena. Ma lutanto che essa si allontana, per riguardo all'eclittica, di una congiunzione o di un'opposizione, il sole passa nel segno seguente in giorni 27 1/2. La luna dunque in capo allo stesso tempo à trapassata la sua rivoluzione ed avanza più assai che non fa il sole in quell'interval-

lo di giorni 21/15 prima ch'entrar possa in opposizione o in congiunzione con lui. Onde si rende aperto non potervi essere, in un qualunque punto dell'eclittica, che una volta sola la congiunzione od opposizione, così come le due lancette d'un oriuolo non son mai in 12h più di una sola volta in opposizione o in congiunzione nella parte del quadrante che ànno percorsa.

Ora, postochè la luna non è piena se non quando sta col sole in opposizione, e questo è ne' segni di Vergine e di Libra puramente in autunno, la luna non può esser piena ne' segni opposti, che sono i Pesci e l'Ariete, tranne in quei due mesi. Epperò non possono esserci nell'anno che due lune piene, le quali sorgono per una settimana quasi nel tempo stesso che il sole cade.

Allorquando la luna è in Pesci e in Ariete, può alzarsi pressochè alla stess'ora in ciascuna rivoluzione della sua orbita; ma un tal fenomeno segue senza che vi si ponga sempre mente. Del pari in inverno que' segni levansi a mezzodì e la luna che è in quadratura non s'osserva. In primavera, il sole e la luna sono in essi segni, ci à congiuuzione e la luna punto non si scorge. In està il sorger della luna in quadratura avviene di mezzanotte; indi è poco avvertito. Unicamente in autunno la luna piena si alza quando il solo declina e ciò rende il fenomeno patentissimo.

Questo fenomeno è così regolare da un canto dell'equatore come dall'altro. Infatti, nelle latitudini sud, le stagioni sono opposte a quelle delle latitudini nord. Quindi le lune piene di primavera da una parte dell'equatore sono appunto ne' segni di quelle di autunno dall'altra. Reciprocamente nella primavera le lune piene presentano al loro declinare lo stesso fenomeno che quelle d'autunno al loro sorgere.

Noi abbiam supposto finora per maggior semplicità, il piano dell'orbita lunare coincider col piano dell'eclittica; ma sappiamo che questi piani fan tra loro un angolo di 5° a 5° 18', intersecandosi lungo la linea de' nodi. Or la luna passa due volte almanco e spesso tre nell'intervallo di due cangiamenti. E vaglia il vero, siccome essa guadagna quasi un segno da una mutazione all'altra, se passa per un nodo all'epoca della mutazione o lì presso, può ritornarvi dopo esser passata per l'altro prima del prossimo cambiamento. D'altronde al nord dell'eclittica ella sorge più per tempo e declina più tardi che se si movesse in quel piano; il contrario è al sud. Ma il moto retrogrado de' nodi fa variar questa differenza. Difatti, quando il nodo ascendente è in Ariete, la metà dell'orbita lunare a mezzogiorno fa coll'orizzonte un angolo 5° 1/2 minore di quello che fa l'eclittica con quel piano, allorchè, l'Ariete sorge nelle latitudini boreali: però è che in Pesci e in Ariete la luna anticipa nel levarsi meno che se percorresse il piano dell'eclittica. Ma il nodo attinge alla sua volta l'Ariete dopo 9 anni e 114 giorni, l'angolo che fa l'orbita della luna con l'orizzonte e di 151° 1/2 più grande, da che segue che la luna pone più tempo fra le sue levate in Pesci e in Ariete che se camminasse nell'eclittica. Cotalchè il fenomeno della luna d'autunno non è sempre notabile egualmente; la sua intensità varia dal massimo al minimo in un periodo d'anni 9 1/2.

La luna piena d'inverno è tanto elevata sull'eclittica quanto è il sole in està; ond'essa dee rimanere per altrettanto di tempo sull'orizzonte; e reciprocamente nella state non vi resta punto più che il sole in inverno. È conseguenza di questo che i cerchi polari, i quali ànno il sole 24h sull'orizzonte e 24h sotto, deggiono altresì aver una luna piena che resta 24h levata e un'altra che resta per un egual tempo sotto l'orizzonte. Ma queste due lune piene son le sole che accadano verso i tropici: tutte le altre ànno una levata e un tramonto.

I poli ànno, come or or vedremo, un giorno di sei mesi e una notte di pari durata, se tuttavolta facciasi astrazione delle modificazioni che la rifrazione arreca a siffatta distribuzione della luce e delle tenebre. Or, siccome la luna piena è mai sempre in opposizione col sole, ei non è dato vederla sintanto che quello sta sopra dell'orizzonte, tranne allorch'essa è nella metà settentrionale della sua orbita, chè, quando un punto dell'eclittica sorge, il punto opposto declina. Così quando il sole sta sopra l'orizzonte, la luna nel tempo di sua opposizione sta di sotto, indi è invisibile la metà dell'anno. Ma, allorchè il sole è calato sotto l'orizzonte, le lune piene son visibili ne' luoghi non più illuminati da esso. Per il che i poli, destituiti di luna in està, cioè quando ànno il sole, rivveggonla nel verno, quando il sole gli à lasciati. Di guisa che non istan quasi mai in gran tenebrore, poichè godono il più sovente della luce lunare che li ristora della lunga assenza del sole.

Decimasesta lezione

—

Delle stagioni e de' giorni.

Noi abbiam già veduto che, se l'asse di rotazione della terra fosse perpendicolare al piano dell'eclittica, i giorni e le notti avrebbon la stessa durata in tutte le parti del globo; ma l'inclinazione de' due piani è di 23° 28'; ed è questa inclinazione che produce la diversità delle stagioni e dei giorni.

E sulle prime facil cosa è il comprendere la varietà che presenta pe' diversi punti della terra il fenomeno de' giorni e delle notti.

A Parigi, per esempio, la latitudine è di 48° all'incirca. Onde si avrà (fig. 18 tav. 1.) per zenit OZ, H*h* sarà l'orizzonte, P*p* la linea de' poli ed E*e* l'equatore. Quando il sole S sarà nel piano dell'equatore, descriverà il cerchio E*e* che l'orizzonte H*h* divide in due parti eguali, sicchè esso starà tanto tempo sopra di quel piano quanto sotto, e i giorni saranno eguali alle notti. Ma, allorché il sole avrà declinato verso il polo australe di 23°28', o avrà tocco il tropico del Capricorno, descriverà il cerchio SM diviso dall'orizzonte H*h* in due parti disuguali, la maggiore delle quali è al di sopra di quel piano; sicchè le notti saran più lunghe de' giorni. Finalmente, allorchè il sole sarà giunto a 23° 28' di declinazion boreale, esso sarà nel tropico del Cancro, descriverà il cerchio S*n* e i giorni saran più lunghi delle notti.

Veggiamo ora quale il fenomeno è nelle regioni equatoriali. Per queste lo zenit OZ (fig. 19 tav. 1.) coincide col piano equatoriale E*e*, e l'orizzonte H*h* coll'asse dei poli P*p*. Ora il sole o che stia in S o in S' o in S'', val dire o all'equatore o a' tropici, descrive pur sempre de' cerchi cui l'orizzonte partisce egualmente per metà. Adunque le regioni equatoriali àn maisempre dei giorni e delle notti di ugual durata. Le regioni polari all'incontro (fig. 20, tav. 1.) àn la linea dello zenit OZ coincidente con quella de poli P*p*, ed il loro orizzonte H*h* confondesi con l'equatore E*e*. Allorchè il sole S sta nel piano dell'equatore, descrive il cerchio SII ch'è quello dell'orizzonte, e la metà del suo disco sta al disopra di quel piano, ovechè l'altra metà sta al disotto. Ma quando il sole S'' à toccato il tropico del Cancro, esso descrive il cerchio S''N tutto quanto al di sopra dell'orizzonte, mentrechè al tropico del Capricorno descrive il cerchio S'M il quale sta tutt'intero al disotto. Cotalchè le regioni polari àuno il sole sei mesi sopra l'orizzonte e sei sotto, come a dire un giorno e una notte di sei mesi. Non sono impertanto, nell'assenza del sole, immerse in un'oscurità profonda, avendo noi già veduto come, presciudendo dal crepuscolo di che godono finchè il sole sia calato di circa 18° sotto l'orizzonte, la luna viene, durante l'assenza di quell'astro, a prodigar loro la sua luce. Aggiungeremo ancora come il crepuscolo esser debbe colà più intenso che altrove, stantechè il rapido scemamento della intensità dell'aria a piccole altezze per ragion della congelazione abituale della superficie del suolo è un de' fatti che si tiene dover esser cause di refrazioni straordinarie in quelle regioni.

Finalmente ai cerchi polari lo zenit (fig. 21, tav. 1) coincide a un dipresso col tropico. Allor dunque che il sole S starà nel piano dell' equatore e descriverà il cerchio SE dall' orizzonte diviso in due parti eguali, i giorni saranno altrettanto lunghi quanto le notti. Ma, quando starà al tropico del Cancro, descriverà il cerchio S''N e verrà solo a rasentar l' orizzonte col suo lembo inferiore; sicchè s'avrà un giorno di 24 ore. Quando per opposto, giunto al tropico del Capricorno, percorrerà il cerchio S'M, resterà 24 ore sotto dell'orizzonte, cui verrà soltanto a radere col suo lembo superiore.

Noi abbiam supposto in questa spiegazione che il sole giri intorno alla terra, laddove è questa che gira attorno al sole; ma le cose avvengono perfettamente allo stesso modo. Tuttavia, per porre allato alla spiegazione del fenomeno apparente quella del fenomeno reale, farem girare la terra intorno al sole nel tener parola delle stagioni.

Sia dunque (fig. 22, tav. 1) S il sole, T la terra, ST il raggio che congiunge i centri d' entrambi, cioè il raggio vettore. Questo raggio incontra la superficie terrestre in A. Tutt'i punti posti nel parallelo AB avran dunque successivamente il sole allo zenit a misura che il moto di rotazione traslocheragli in A, o quelle regioni avranno allora la state. Se il punto A è il solstizio di questa stagione, il parallelo descritto dalla rotazion della terra sarà il tropico boreale, e in questa situazione il piano PTS è perpendicolare a quello dell'eclittica.

Ma, allorquando in virtù del suo moto

di traslazione la terra sarà pervenuta al punto direttamente opposto, cioè in T', il raggio vettore incontrerà la superficie terrestre in A', e il parallelo B, il quale, nella posizion precedente, riceveva i raggi più obbliqui, li riceverà alla sua volta verticalmente, e le regioni che esso comprende avran l'està laddove quelle del tropico opposto saran nel verno. Il piano ST' P' determinato dall'incontro del raggio vettore e dell'asse è ancora perpendicolare all'eclittica come nel caso precedente; ma l'angolo STP, sotto cui l'asse terrestre ed il raggio vettore s'intersecano nella prima situazione, è acuto, nell'atto che in questa è ottuso ST'P. Nelle situazioni intermedie è retto. Esso dunque va crescendo da T in T' e decrescendo da T' in T.

Da ultimo, allorchè il raggio vettore è perpendicolare all'asse della terra ne' punti *t e t*, il sole sembra descriver l'equatore, si àn gli equinozi, cioè il giorno uguale alla notte per tutta la terra e si è in autunno o in primavera.

Lo spazio compreso fra'tropici à ricevuto il nome di zona torrida, posciachè, i raggi del sole cadendovi quasi sempre perpendicolari, il caldo è colà eccessivo.

Le regioni che si estendono da'tropici a'cerchi polari, avendo una temperatura moderata, appellansi zone temperate.

Per ultimo i paesi incogniti, che son compresi tra'cerchi polari e i poli, forman le zone glaciali.

Si può rappresentarsi mercè uno sperimento semplicissimo come il moto di rotazione della terra e il suo moto di traslazione combinati producano i fenomeni de'giorni e delle stagioni.

Si prenda una verga rigida, di ferro per esempio, e la si curva a cerchio, secondo dinota la fig. 23 tav. 2. Vista di fianco, questa verga parrà ellittica. Nel centro collocasi una candela accesa, indi si leghi un fil di seta K al polo d'un globo terrestre di tre pollici all'incirca di diametro. Se ora si torca il filo in guisa, che torcendosi faccia girare il globo dall'est all'ovest, situato questo di contro al cerchio, si vede la luce e le ombre succedersi sulla superficie di esso e simular la successione regolare de'giorni e delle notti. Ma, se intanto che il globo gira, lo si conduca lungo la circonferenza del cerchio, stando sempre la candela nel suo centro, la candela, ch'è perpendicolare all'equatore, illumina il globo dall'un polo all'altro e ciascuna delle sue parti si trova alternativamente nella luce e nelle tenebre, il che fa un equinozio perpetuo. Per questa ragione noi avremmo sempre de'giorni e delle notti d'ugual durata senza variazion di stagioni, se l'asse della terra fosse perpendicolare alla sua orbita. Ma la cosa non istà punto così. Inclinamo dunque il cerchio nel qual gira il globo sopra l'asse di quest'ultimo nel senso ABCD ad esempio. Se noi collochiamo il globo nella parte più bassa del cerchio in Z, e lo facciam girare sopra sè medesimo e intorno al cerchio nella direzione dall'ovest all'est, la candela rischiarerà perpendicolarmente il tropico del cancro e il polo nord vedrà la luce. Dall'equatore al cerchio polare nord i giorni saran più lunghi delle notti: l'inverso sarà nell'altro emisfero. Il sole non tramonterà mai per la zona glaciale nord e non sorgerà mai per la zona opposta. Ma, quando il movimento di rivoluzione avrà portato il globo di H in E, il limite dell'ombra s'appresserà al polo nord e si allontanerà dal polo sud: i luoghi prossimi al primo saran via via meno illuminati e avverrà l'opposto verso il secondo: i giorni adunque decrescono al nord e aumentano al sud a seconda che il globo procede di H in E. Quando esso è a questo punto, la candela sta nel piano dell'equatore, il limite delle ombre s'arresta esattamente a' due poli e i giorni son dappertutto eguali alle notti. Finalmente allorchè il globo trovasi in F e in G, noi vediam riprodursi in un ordine inverso i fenomeni che abbiamo esaminati.

Della temperatura della terra.

Il micrometro, accordandosi in ciò con quello che noi sappiamo della posizion della terra nell'eclittica nelle diverse stagioni dell'anno, ne addimostra esserci il sole di 1/30 più vicino il verno che la state. Impertanto la temperatura di questa seconda stagione è molto più elevata che quella della prima. Quali ne sono le cause? Tre principali ve ne à. In prima la costituzion fisica dell'atmosfera, la quale varia dall'una delle due stagioni all'altra; essendo di està l'aria generalmente asciutta, laddove nell'inverno s'impregna di vapori e affievolisce notabilmente l'intensione de'raggi solari. La seconda causa di cui vuolsi tener conto si è la grande obbliquità dei raggi solari nel verno; in ragion della quale obbliquità è noto che essi si riflettono e quelli che si riflettono non riscaldano. Da ultimo, e quest'ultima causa è la principale, il sole in està rimane assai più lungamente sopra l'orizzonte che in inverno: la notte, che è il momento della dispersione del

calorico, è più corta e il dì più lungo. Si avrà un'idea dell'effetto che può produrre sulla temperatura la differenza dei giorni e delle notti, quando diremo essersi calcolato che basterebbe, anche nel bel mezzo della state, che il sole restasse dieci dì sotto l'orizzonte, perchè tutte le cose sulla superficie della terra si gelassero.

La temperatura per termine medio vassi elevando dal 5 gennaio al 5 luglio e va declinando dal 5 luglio al 5 gennaio.

La temperatura media dell'equatore è di 27° a 28°. Ma si è avvertito esser l'emisfero australe più freddo d'assai del boreale. La ragione si è che il primo ricoprono in molta parte le acque. Or si sa come queste punto non si riscaldano tanto facilmente quanto il suolo, venendo una gran quantità del calorico che è lor tramandato incessantemente assorbito dallo svaporamento, dalla congelazione e dallo scioglimento de'ghiacci.

Si è esservato altresì, le coste occidentali de'continenti esser molto più calde delle coste orientali: gli è un effetto dei venti e della postura generale de'mari. Nelle nostre contrade, come in America, predominano i venti d'ovest. Or siffatti venti, che vengono da'mari, son sempre temperati; dachè la temperatura del mare non è mai nè molto alta nè molto bassa: e ciò s'intende, postochè la mobilità della massa liquida e l'equilibrio che tende a mantenervisi mai non permettono che uno strato superficiale raffreddisi di troppo, comparativamente agli altri. Tosto che la sua temperatura si abbassa, il suo peso aumentando, esso discende nella massa e un altro viene tosto a sostituirlo.

La terra à ella un calore che le sia proprio o tutto quello ch'essa possiede le vien dal sole? Quest'ultima opinione stata prodotta da taluni filosofi, oggi in presenza de'fatti non può più sostenersi. Si sa che a una certa profondità la temperatura, indipendente dall'azion del sole, riman costantemente invariabile, e le sperienze fan chiaro che essa si eleva a misura che scendesi a maggiori profondità; la legge di questa progressione è a un dipresso d'un grado per 90 piedi.

Quale che siasi la causa di questa temperatura propria della terra, o che essa provenga dall'incandescenza primitiva del nostro pianeta, ovvero dall'azione incessante degli agenti elettrici e calorifici che la natura fa combinare, noi possiam dimostrare che questa temperatura non à cambiato, almeno da parecchie migliaia d'anni a questa parte. E vaglia il vero, se la temperatura generale del globo fosse stata in epoche rimote o più alta o più bassa, il suo volume per effetto del dilatamento o della contrazione sarebbe stato più grande o più piccolo. Ma allora il moto della luna avrebbe dovuto variare; il che non è, stantechè la durata del giorno siderale è oggi esattamente quella stessa che era ne'tempi da noi più lontani.

Noi abbiam vista la temperatura andar salendo via via che si cala più nell'interno del suolo: segue una progressione opposta a misura che uom si innalza sopra il livello del mare. Nello stato più ordinario dell'atmosfera rinviensi che la temperatura decresce egualmente con l'altezza in tutti i climi, quando si muove da una stessa temperatura inferiore: ma la legge della progressione cambia col cambiare di questo punto di mossa, per tal che nelle zone temperate, ad esempio, giusta le osservazioni di Saussure, essa è in inverno di 230 metri per ogni grado del termometro centigrado e di 160 nella state. Ci à dunque un'altezza ove il raffreddamento progressivo giunge al termine del ghiaccio; dal che l'esistenza delle nevi eterne sugli alti monti e la disuguale elevatezza del punto ove le nevi incominciano ne'differenti climi. Lo scemamento verticale della temperatura varia eziandio con la positura dei luoghi e sinanche con lo stato più o men trasparente del cielo.

Uno de'lavori più curiosi del secolo è l'applicazione importante che Humboldt à fatta della geografia delle piante alla misura della temperatura media de'luoghi. Questo celebre viaggiatore à determinato in un modo generale l'elevazione e la temperatura delle zone in cui ciascuna pianta sembra vegetar più rigogliosa. Ogni vegetabile non può vivere che fra certi limiti determinati di temperatura; e la prossimità di tal limiti viene additata dalla sua vegetazione più o meno stentata. Ondechè l'aspetto de'vegetabili che sussistono in ciascuna contrada offre come una specie di termometro vivente il qual dinota al viaggiatore la media delle temperature annue ed i loro estremi.

In generale si comprende che, in una massa così vasta e così mobile come è l'atmosfera, le cause più lievi d'agitazio ne possono produrre i maggiori e più du revoli perturbamenti. Si vede dunqu dover frequentemente risultar di simi glianti effetti dalle piccole variazioni lo cali che sopravvengono nella temperatu ra, e maggiori e più perenni doverne ri

sultare dal moto annuo della terra intorno al sole e dal suo moto di rotazione, nonchè dall'influenza più o meno energica che quell'astro esercita sopra la terra e sopra l'atmosfera nelle diverse stagioni. Cotali probabilmente sono le cause più ordinarie di quelle agitazioni, spesso di lunga durata, le quali producousi nell'atmosfera e che s'appellano *i venti*.

I più degni di considerazione sono quelli che spirano regolarmente fra'tropici e che venti *alisei* si denominano. Togliam di peso dagli *elementi di filosofia naturale* la completissima splegazione che quivi se ne dà.

Se il globo terrestre stesse in riposo, e il sole dirizzasse mai sempre i suoi raggi sulla medesima superficie, la temperatura della colonna atmosferica giacente sopra di lei si leverebbe a un alto grado, e tutti gli strati di essa colonna ascenderebbono successivamente come l'olio alla superficie dell'acqua o come il fumo al di sopra d'una fornace potentemente infocata, nell'atto che delle correnti d'aria ossia de'venti si dirigerebbero costantemente da tutte le parti inferiori verso quella superficie centrale. Ma la terra è in continuo moto sopra sè stessa e attorno al sole; epperò la region media, la cintura o zona equatoriale può essere assimilata alla superficie dell'ipotesi precedente; essa è il luogo sul quale il sole fin dall'origine del tempi vibra perennemente i suoi raggi; quindi ci àn da essere perennemente e ci sono sempre state delle correnti verso questa zona, altre dirette dalla parte australe, altre dalla parte boreale. Siffatta è la causa di questi venti *di commercio* o venti *alisei*, sulla influenza de'quali la gente di mare fa assegnamento con pari sicurtà come sul ritorno periodico del sole, nella maggior parte delle situazioni comprese fra'trentesimi gradi di latitudine boreale o australe.

Tuttavia questi venti punto non appaion rasentare la superficie terrestre nella direzione de'meridiani, val dire non appalono soffiar direttamente dal nord e dal sud, conforme avviene senza dubbio alcuno. Ciò procede dal moto di rotazione della terra sul proprio asse, moto, il quale, avendo luogo da ponente a levante, dà a'venti del nord l'apparenza d'un vento che spiri dritto da nord-est e al vento del sud quella d'un vento di sud-est. Queste apparenze posson comprendersi agevolmente da'fatti seguenti. Allorquando l'atmosfera è perfettamente calma, se altri si dia a correr di galoppo in una pianura, sembra che il vento gli soffi di gran forza sul viso. Se egli galoppi verso l'est e il vento spiri direttamente dal nord o dal sud, la doppia sensazione che prova non altro è che in una sensazion risultante, e nel primo caso il vento sembra spirar dal nord-est, nel secondo dal sud-est. Altro esempio: fate girare una sfera sur un asse verticale, e lasciate venir giù dal polo superiore una pallina, o, ancor meglio, lasciate scorrer dal punto stesso un sottil filo d'acqua; la pallina o l'acqua non acquisteran punto immediamente la velocità del globo, sibbene tenderanno a scender per la linea più breve dal polo verso l'equatore della sfera. Intanto la traccia lasciata dal liquido sulla superficie della sfera non sarà altrimenti un meridiano, bensì una linea obbliqna, la quale, se fosse prolungata, non passerebbe mica pel polo inferiore. Quindi è che la rotazione della terra imprime a'venti alisei una direzione verso l'ovest, e non è già, come talfiata si dice, che perchè il sole li trascina, essi abbiano tal direzione.

È noto che al limite ov'essi regnano, cioè a trenta gradi circa nella direzion australe o boreale, a partir dal luogo occupato dal sole, questi venti sembran venire pressochè direttamente dall'est, mentre a misura che un si appressa alla linea centrale, colpiscon più direttamente le navi nel senso nord-sud o sud-nord. Questo effetto si à da che, giungendo agli ultimi paralleli, l'aria fredda col riscaldarsi si dilata e s'eleva innanzi d'aver acquistata la celerità di rotazione della zona ch'essa occupa, indi si muove men rapidamente di quella e i corpi posti sopra tal zona colpiscon l'aria dall'ovest all'est con tutto l'eccesso di lor velocità, risultandone il medesimo effetto che se, stando la terra immobile, il vento d'est spirasse costantemente su que'corpi. Intanto le correnti aeree ool proceder che fanno van partecipando ognor più alla celerità di rotazione della terra che trovansi alla perfine aver quasi tutta acquistata nell'arrivare alla linea centrale nel mezzo della zona di 60°: di indi in poi il vento d'est si fa sentir sempre meno in ragion dell'appressarsi che altri fa a quella linea sulla quale diventa men sensibile d'assai. Tal sarebbe in certa guisa un fluido versato sur una ruota girante orizzontalmente, il quale s'avanzasse sempre più dal centro verso la circonferenza. Pervenuto ne'punti vicini a questo limite del cerchio, non anco avrebbe esso acquistata tutta la sua velocità: ma la non intermessa rotazione

finirebbe a comunicarsi completamente; e allora il fluido assolutamente starebbe in moto come la circonferenza, però in riposo rispetto ad essa. Si intende bene che noi qui non facciamo entrare l'influenza della forza centrifuga.

Intantochè l'aria densa delle regioni polari si precipita verso l'equatore per colmare il voto che ivi si genera e dà siffattamente origine a'venti alisei, quella che l'azion permanente del sole à dilatata ed elevata dee di necessità formare nelle regioni superiori dell'atmosfera una contro-corrente che va a distribuire il suo calore dirizzandosi in senso inverso alla prima: e ciò segue in effetti, e l'esistenza di questo fenomeno, già preveduta dal ragionamento, è stata poscia fatta chiara dall'osservazione. Così si è riconosciuto che la vetta del picco di Teneriffa era incessantemente esposta a un vento violento; soffiando in una direzion contraria a quelle de'venti alisei che sollevano a'suoi piedi la superficie dell'Oceano. Così nell'anno 1812 la polvere vulcanica lanciata dall'isola S. Vincenzo passò in forma di spesse nubi al di sopra della Barbada con alto stupore de'suoi abitanti e andò a cadere a più di cento miglia di distanza, dopo aver percorso un tanto tratto in senso opposto a'venti violenti a cui i vascelli non possono sottrarsi che mercè un lungo deviamento. Così nel passaggio dal capo di Buona speranza a Sant'Elena la luce del sole è sovente ecclissata durante diversi dì da una massa di fitte nubi le quali dirigonsi verso il sud a una grande altezza nell'atmosfera. Queste nubi non son altro che il vapore aqueo elevatosi sotto l'equatore con l'aria riscaldata, il qual si condensa di nuovo in appressarsi alle regioni più fredde dell'emisfero australe.

Al di là dei tropici, ove l'influenza solare è molto men grande, i venti sono occasionalmente sottomessi ad altre cause, che per mala ventura non son peranco conosciute appieno. Assai men regolari ne'climi temperati, chiamansi venti variabili; intanto può considerarsi come una regola generale, la quale s'applica a questi del pari che a quelli, ciò che noi abbiam detto de'venti alisei, segnatamente: che l'aria movendosi da'poli australe o boreale, ove stava in riposo, verso le regioni equatoriali, dee produrre gli effetti d'un vento diretto per verso opposto al movimento diurno, sinchè abbia acquistata la celerità della zona al di sopra della quale esso spira; e reciprocamente che l'aria riscaldata nelle regioni equatoriali ed elevata, verso le parti superiori dell'atmosfera, ove avea presso a poco acquistata una rapidità corrispondente, debbe, ricadendo verso i poli con quest'eccesso di velocità dall'ovest all'est, ferire i corpi nella medesima direzione.

Questi venti dell'ovest in un gran novero di situazioni, al di là de'tropici, son quasi tanto regolari quanto i venti nella zona infratropicale; e non avrebbono minor dritto di questi al nome di *venti del commercio*, tanto abbreviano la durata del tragitto da New-York a Liverpool comparata a quella del passaggio inverso, cioè da Liverpool a New-York. Egualmente nell'emisfero boreale il vento nord-vero produce l'effetto d'un vento nord-est, e il vento sud-vero diviene un vento sud-ovest. L'Inghilterra è esposta a questi due venti per trecento giorni dell'anno. Si comprende che i fenomeni àn da essere inversi nell'emisfero australe.

Porremo termine alla presente digressione meteorologica, tenendo parola di altri due venti che soffiano sulle coste regolarmente, e che si denominano *vento di terra e vento di mare*.

Allorchè il sole è sceso sotto l'orizzonte, la terra e il mare, che la sua presenza aveva riscaldati, perdono il lor calorico per via d'irraggiamento; ma la dispersione sperimentata sulla superficie della terra è assai più rapida e più considerevole di quella della superficie liquida. Le falde d'aria che stanno al di sopra di queste due superficie debbono per conseguenza raffreddarsi diversamente e bentosto l'aria che copre il suolo, più fredda e più densa di quella del mare, dee precipitarsi nello spazio da questa occupato. Ecco ciò che interviene sul finir della notte e che costituisce il vento di terra.

Ma, quando il sole è ricomparso sopra l'orizzonte, i suoi raggi riscaldano molto più rapidamente la superficie del suolo che non la massa delle acque, e l'aria, stesa su entrambi, dee riscaldarsi e dilatarsi molto più sulla terra che sul mare. Al terminar del giorno l'aria più fredda e più condensata soffierà verso la costa e produrrà il vento di mare.

—

Decimasettima lezione.

—

Del Calendario

Calendario s'appella (dalle calende romane) un quadro il quale indica la divisione del tempo per giorni, settimana, mesi, stagioni ed anni. Noi ci faremo a passar rapidamente in rassegna i principali da' diversi popoli stati adoperati.

L'opinion de' dotti è che l'anno degli Egizi e de'Persiani avea 365 giorni; per forma che tutti i 4 anni perdeva un giorno sull'anno solare e dopo un intervallo di 1460 anni, che si chiamava *periodo sotiaco* o *grande anno canicolare*, l'anno civile e l'anno solare ricominciavano contemporaneamente. I 365 giorni dell'anno componean 12 mesi di 30 giorni ciascuno e i 5 giorni rimanenti s'aggiungeano sotto il nome di *epagomeni* o giorni complementari. Questo calendario è quello che servì di modello al calendario della repubblica francese.

I Greci avean daprima un anno di 360 giorni, che divideasi in 12 mesi di 30 giorni ognuno: dopo un periodo biennale, che denominavan *trieteride*, essi intercalavano un mese di 30 giorni, in guisa che avevano alternativamente un anno di 360 giorni e uno di 390. Così contarono perfino al sesto secolo circa avanti l'era nostra. A quest'epoca le conoscenze astronomiche, le quali avean fatto de' progressi, avendo dato a conoscere che la luna compiva sua rivoluzione in 29 giorni e 1/2, si raddoppiò il periodo anzidetto per farne 2 mesi, l'un di 30, l'altro di 29 giorni, i quali principiavano dalla luna nuova o *neomenia*. Ma, dachè i 12 mesi non faceano se non 354 giorni, gli 11 giorni e 1/2 che avanzavano aggiungevansi durante un periodo di otto anni chiamato *ottaereide* e formavan 3 mesi intercalari di 30 giorni, i quali trovavano il loro luogo al terzo, quinto ed ottavo anno di questo periodo. Una simil maniera di contare era ben consona col corso del sole; ma gli Ateniesi che facean questa riforma aveano appresso dall'oracolo che l'anno dovea regolarsi sul cammino del sole e i mesi e i giorni su quel della luna. L'anno civile come da loro era stato composto sodisfaceva bene al comandamento degli dei; la seconda parte però di questo non veniva eseguita. Infatti dopo un' ottaereide la luna aveva ancora un giorno e mezzo da compier sua rivoluzione. Quindi si aggiunsero dopo due ottaereidi 3 giorni complementari o *epagomeni*, e così si fu d'accordo con la luna, ma nol si era più col sole.

Per risolver la difficoltà un celebre astronomo, a nome Metone, immaginò un periodo o *ciclo* di 19 anni, il quale conciliava i movimenti del sole e della luna abbracciando un numero finito di rivoluzioni di questi due astri. È per vero il detto periodo componeasi di 235 lunazioni, val dire, 228 alla ragione di 12 per anno e 7 altre per gli 11 giorni di eccesso dell'anno solare sull'anno lunare. I 7 mesi lunari, di cui 6 eran di 30 giorni l'uno e il settimo di 29, chiamavansi *embolismici*. Un siffatto ordinamento parve ai Greci sì bello che, quando venne loro proposto a' giuochi Olimpici, fu ricevuto con acclamazione e adottato da tutte le loro colonie. Il calcolo ne fu esposto a lettere d'oro nelle piazze pubbliche per l'uso de' cittadini; e da ciò gli venne la denominazione di *numero d'oro*, sotto la quale figura anche al dì d'oggi apparisce ne' nostri calendari. Intanto il ciclo di Metone non era punto perfettamente esatto, giacchè dopo 76 anni si trovò una precedenza d'un giorno sul corso della luna. Cotal errore venne emendato con istabilire un periodo di 4 cicli di Metone dal quale si sottrasse un giorno.

Il calendario arabo, che è quello dei Maomettani, è basato esclusivamente sul corso della luna. Il primo dì di ciaschedun mese corrisponde sempre al rinnovamento di quest'astro. Ma gli anni di questo calendario son vaghissimi; essi percorrono successivamente, retrogradando, tutte le stagioni dell'anno.

Passiamo al calendario romano. Si sa ben poco intorno a ciò ch'esso era prima di Giulio Cesare, il quale lo riformò. A tal uopo, avendo egli saputo da un astronomo egizio l'anno solare comporsi di giorni 365 1/4, fece l'anno civile di 365 giorni e ne aggiunse un altro al finire di 4 anni per il quarto di giorno trascurato. Questo quarto anno che avea 366 giorni venne detto *bisestile*. I mesi, al numero di 12, furon di 30 e 31 giorno, salvo febbraio il qual n'ebbe 28 negli anni ordinari e 29 nei bisestili. I Romani divideano i loro mesi in tre epoche: le calende che ricadeano il primo dì del mese, le none, che erano a'5 e gl'idi a' 13, eccetto i mesi di marzo, maggio, luglio e ottobre in cui le none erano ai 7 e gl'idi a' 15. L'anno

determinato da questo calendario si disse *anno giuliano*.

Se non che quest'anno era troppo lungo di 11 minuti e 9 secondi, errore che ascendeva ad un giorno circa in capo a 135 anni: e, il concilio di Nicea avendo nel 325 fermata la Pasqua al 21 marzo, giorno dell'equinozio, nel 1582 quella festa ricorse agli 11 del mese stesso. Affin di rimediare a sconcio siffatto papa Gregorio XIII pubblicò una bolla che risecava 10 giorni dall'anno 1582: prescrivendo di contar i 15 d'ottobre allorchè si sarebbe giunto a' 5. A prevenire il ritorno del medesimo errore, fu fatta un'altra modificazione. Il giorno intercalare era stato insino allora regolarmente aggiunto a febbraio tutti i quattro anni: si decise che nello spazio di 400 anni si togliessero tre bisestili, per modo che di presente gli anni bisestili son tutti quelli il cui indice è divisibile per 4, e, quando è un anno secolare, allora è mestieri che le cifre significative dell'indice, cioè indice del secolo, sian divisibile per 4. Così il 1600 è stato bisestile, il 1700 e il 1800 nol sono stati, il 1900 neppur lo sarà, ma il 2000 sì. L'errore così emendato è attualmente sì poca cosa ch'ei si può senza inconveniente trascurarlo per parecchie migliaia d'anni.

Tale è il *calendario gregoriano* o *di nuovo stile*. Esso è oggi seguito in quasi tutta la cristianità. Gli Inglesi non l'adottaron prima del 1752 e il loro 3 settembre fu riportato al 14, postochè il calendario giuliano presentava in quest'epoca un errore d' 11 giorni. Non avvi ora in Europa, tranne i Russi e i cristiani di rito greco, che seguano il calendario giuliano, il cui anno comincia presentemente 12 dì dopo del nostro. E in ciò sta la causa della differenza che noi veggiamo tra le nostre date e le loro.

I mesi suddividonsi in settimane. Appo noi la settimana è di 7 giorni, i quali sono: lunedì, martedì, mercoledì, giovedì, venerdì, sabato e domenica, nomi che derivan da quelli de' pianeti: così il lunedì è il giorno della luna, il martedì quello di Marte, il mercoledì quello di Mercurio, il giovedì quello di Giove, il venerdì quello di Venere, il sabato quello di Saturno e la domenica quello del Sole, conforme dinota l'etimologia nelle altre lingue. Ma ciò che noi non avremmo trovato, se gli storici non ce ne avessero data contezza, si è l'ordine nel quale questi pianeti prestavano i lor nomi ai giorni della settimana. Gli antichi classificavano i pianeti, o almeno gli astri ch'essi consideravan come tali, secondo la durata delle rivoluzioni, nel modo seguente: Saturno, Giove, Marte, il Sole, Venere, Mercurio e la Luna. Or ecco come questi pianeti così distribuiti dan dato i loro nomi ai giorni della settimana nell'ordine che oggi serbano. La prima ora del sabato, per esempio, era consacrata a Saturno, il quale per questa ragione dava il suo nome al giorno. La seconda ora era consacrata a Giove, la 3ª a Marte, la 4ª al Sole, la 5ª a Venere, la 6ª a Mercurio e la 7ª alla Luna; poi l'8ª a Saturno e così via via fino alla 24ª ora che si trovava, seguendo sempre questo cammino, consacrata a Marte. La prima ora del giorno seguente era dunque consacrata al Sole che viene in seguito e il giorno prendeva il suo nome; la seconda ora era consacrata a Venere ec. Si vedrà proseguendo il calcolo, che ciascun giorno della settimana veniva così alla sua volta a ricever il nome dal pianeta al quale la prima ora era consacrata.

Ci avanza a dire alcuna cosa di certe locuzioni adoperate ne'calendari.

Il *ciclo solare* è un periodo di 28 anni dopo del quale i giorni della settimana ritornano nello stess' ordine e negli stessi giorni de'mesi, fino a tanto che gli anni bisestili si succedono regolarmente, tutti i 4 anni. Gli anni bisestili ricominciano eziandio allo spirare del ciclo solare il medesimo corso riguardo a'giorni della settimana su cui cadono quelli de'mesi. Il ciclo solare dee la sua origine a questo, che l'anno non contien mica un numero preciso di settimane, giacch'elle sono 52 e 1 giorno. Ondechè questo ciclo non sarebbe che di 7 anni (poichè dopo tal tempo il giorno eccedente di ciascuno anno farebbe una settimana) quando non ci fosser punto anni bisestili; ma, sendovi uno di questi in 4 anni, il ciclo non può esser compiuto ove non ne contenga 7, acciocchè il giorno esuberante di ciascuno di essi anni dia una settimana.

Noi abbiam già tenuto proposito del ciclo della luna, il cui anno chiamasi *numero d'oro*. Gli è un periodo di 19 anni, dopo del quale il sole e la luna ritrovansi nella medesima posizione o li presso stantechè le congiunzioni, le opposizioni, ec. di questi sono, salvo un'ora e mezzo di diversità, le stesse che al principio del periodo, negli stessi giorni del mese.

Posciachè sol dopo 19 anni l'anno solare e il lunare ricominciano insieme, ei ci è nell'intervallo un eccesso del primo sul secondo. Questo numero di giorni di cui l'anno solare eccede il lunare è quello che va disegnato sotto del nome di *epatta*.

TAVOLA

DELLE LATITUDINI E LONGITUDINI

DELLE PRINCIPALI CITTÀ DELLA FRANCIA.

Nomi de' luoghi	Latitudine.			Longitudine.			
Agen.	44°	12'	22"	1°	43'	40"	O.
Ajaccio	41	55	1	6	23	49	E.
Alby	43	55	46	0	11	42	O.
Alençon.	48	25	48	2	14	53	O.
Amiens	49	53	41	0	2	4	O.
Angers.	47	28	9	2	53	15	O.
Angoulème.	45	38	57	2	10	59	O.
Arras.	50	17	34	0	16	10	E.
Auch.	43	38	39	1	45	4	O.
Aurillac.	44	55	41	0	6	25	E.
Auxerre	47	47	57	1	14	6	E.
Avignone.	43	57	8	2	18	15	E.
Bar-le-Duc	48	46	5	2	50	0	E.
Beauvais.	49	26	7	5	15	15	O.
Besanzone.	47	13	45	3	42	30	E.
Blois	47	35	20	0	59	59	O.
Bordeaux.	44	50	14	2	54	14	O.
Bourbon-Vendée	46	37	17	3	39	38	O.
Bourg.	46	12	26	2	53	30	E.
Bourges.	47	5	4	0	3	42	E.
Caen	40	11	12	2	41	53	O.
Cahors	44	25	59	0	52	58	O.
Carcassanna	43	12	54	0	0	45	E.
Châlons-sur-Marne.	48	57	16	2	1	46	E.
Chartres.	48	26	54	0	50	55	E
Châteauroux.	46	48	46	0	38	50	O.
Chaumont.	48	6	13	2	50	0	E.
Clermont-Ferrand.	45	46	44	0	45	2	E.
Colmar.	48	4	44	5	2	11	E.
Digne,	44	5	18	3	54	4	E.
Digione	47	19	25	2	41	50	E.
Draghignano.	43	32	18	4	8	18	E.
Epinal.	48	10	33	4	7	57	E.
Evreux	48	55	30	1	10	56	O.
Foix	42	57	45	0	43	55	O.
Gap.	44	33	37	3	44	47	E.
Grenoble.	45	11	42	3	23	21	E.

Nomi de' luoghi.	Latitudine.			Longitudine.			
Guéret	46	10	12	0	28	10	O.
Laon.	49	33	54	1	17	12	E.
La Roccella.	46	9	21	3	29	55	O.
Laval.	48	4	14	3	6	38	O.
Le Mans.	49	0	30	0	8	40	O.
Le Puy	45	2	51	1	33	21	E.
Lilla	50	37	50	0	44	16	E.
Limoges	45	49	53	1	4	52	O.
Lons-le-Saulnier	46	40	34	3	13	9	E.
Lione.	45	45	58	2	29	9	E.
Mâcon.	46	18	27	2	29	53	E.
Marsiglia.	43	17	49	3	2	0	E.
Meiun.	53	32	23	0	19	23	E.
Mende.	44	30	42	1	9	19	E.
Metz	46	7	10	3	50	13	E.
Mézières.	49	45	47	2	23	17	O.
Montauban.	44	0	55	0	59	30	E.
Montbrison.	45	36	41	1	44	8	E.
Mont-Marsan.	43	54	42	2	49	55	O.
Monpellieri.	43	36	16	1	32	30	E.
Moulins.	46	34	4	0	59	59	E.
Nancy.	48	41	55	3	50	16	E.
Nantes.	47	13	9	3	52	59	O.
Nevers.	46	59	17	0	49	16	E.
Niort.	45	20	8	2	49	27	O.
Nimes.	43	50	8	2	1	30	E.
Orléans	47	54	12	0	25	34	O.
Parigi.	48	50	13	0	0	0	
Pau.	43	19	1	2	42	48	O.
Périguers	45	11	8	1	36	41	O.
Perpignano	42	42	3	0	33	54	E.
Poitiers	46	35	0	1	59	32	O.
Privas.	45	42	33	2	15	32	E.
Quimper.	47	58	29	6	26	0	O.
Rennes	48	6	50	4	1	2	O.
Rodez.	44	21	8	0	14	14	E.
Rouen.	49	26	27	1	14	16	O.
Saint-Brieux.	48	31	2	5	4	10	O.
Saint-Lô.	49	6	57	3	25	53	O.
Strasburgo	48	34	57	5	24	36	E.
Tarbes.	43	13	52	2	16	1	O.
Tolosa.	43	35	46	0	53	45	O.
Tours.	47	23	46	1	38	37	O.
Troyes.	48	18	5	1	44	34	E.
Tulles.	45	15	3	0	33	58	E.
Valenza	44	55	59	2	33	10	E.
Vannes.	47	39	26	5	5	19	O.
Versailles.	48	48	21	0	12	53	O.
Vesoul.	47	37	50	3	49	39	E.

TAVOLA

De' giorni dell' anno medio ne' quali un oriuolo regolato deve avanzare o ritardare d' un numero intiero di minuti sul mezzodì del sole.

Giorni		Minuti di avanzam.	Giorni		Minuti di ritardo	Giorni		Minuti di ritardo
Gennaio	2	4	Maggio	1	3	Ottobre	4	11
	4	5		15	4		7	12
	6	6		30	3		11	13
	8	7	Giugno	5	2		15	14
	11	8		11	1		20	15
	13	9		16	0		28	16
	16	10			A.	Novembre	16	15
	19	11		20	1		21	14
	22	12		25	2		25	13
	27	13		30	3		28	12
Febbraio	1	14	Luglio	5	4	Dicembre	1	11
	21	14		11	5		3	10
	28	13		22	6		6	9
Marzo	5	12	Agosto	11	5		8	8
	9	11		16	4		10	7
	12	10		21	3		12	6
	16	9		25	2		14	5
	19	8		29	1		17	4
	23	7	Settembre	1	0		19	3
	26	6			R.		21	2
	29	5		4	1		23	1
Aprile	1	4		7	2		26	0
	5	3		10	3			A.
	8	2		13	4		27	1
	12	1		16	5		29	2
	16	0		19	6		31	3
		R.		22	7			
	20	1		24	8			
	25	2		27	9			
				30	10			

ORE CHE IL MARE È ALTO

NE' PRINCIPALI PORTI DELLE COSTE

D'EUROPA

Ne' giorni di luna nuova e luna piena

E LONGITUDINE DI ESSI IN MINUTI DI TEMPO

NORD DELL' EUROPA SUL MAR DI ALEMAGNA

	Stabil.	Long.
Amburgo. *Elba*	5h 0'	31' E.
Cuxhaven. *Elba*	0 40	26. E.
Gestendorp. *Weser.*	1 10	25. E.
Vegesach. *Weser*	4 15	26. E.
Eckwarden. *Jhade.*	0 50	24. E.
Delfzill. *Ems.*	0 15	19. E.
Groningue.	11 16	17. E.
Amsterdam.	3 0	10. E.
Rotterdam.	3 0	9. E.
Moerdich.	5 15	9. E.
Bergen-op-Zoom.	3 0	8. E.
Flessinga. *Bocche dell' Escaut.*	1 0	5. E.
Anversa	4 25	6. E.
Ostenda.	0 20	2. E.
Nieuport.	0 15	2. E.

FRANCIA

	Stabil.	Long.
Dunkerque	11 45	0.
Calais.	11 45	2. O.
Boulogne.	10 40	3. O.
Dieppe.	10 30	5. O.
Le Hâvre-de-Grâce	9 15	9. O.
Honfleur.	9 15	8. O.
La Hougne.	8 0	16. O.
Cherbonrg.	7 45	16. O.
Jersey.	6 0	18. O.
Guernesey.	6 0	20. O.
Mont-Sain-Michel	6 30	15. O.
Saint-Malò.	6 0	17. O.
Morlaix.	5 15	24. O.
Brest *Il Porto*	3 33	27. O.

	Stabil.	Long.
Lorient *Il Porto.*	3 30	22. O.
La Roche-Bernard.	4 30	19. O.
La Loira *L' imboccatura*	3 45	18. O.
L' ile d' Oléron. *Al Castello*	4 0	14. O.
Pertuis-de-Maumusson.	3 30	14. O.
L' ile d' Aix	3 40	14. O.
Rochefort.	4 15	13. O.
Foce della Gironda — Tour de Cordouan.	3 40	14. O.
Foce della Gironda — Royan.	3 40	13. O.
Foce della Gironda — Bordeaux	7 45	12. O.
Rada della Teste-de-Buch, presso la cappella.	4 45	14. O.
Fuori e presso il banco del bacino d' Archon.	3 40	14. O.
Bayonne.	3 30	15. O.

SPAGNA E PORTOGALLO.

Lisbona.	4 0	46. O.
Cadice. *Il molo.*	1 15	31. O.
Gibilterra.	0 0	31. O.

SCOZIA.

Il canale delle Orcadi.	8 15	21. O.
Montrose	1 30	19. O.
La riviera d' Humbert.	5 15	10. O.

INGHILTERRA.

Londra *Tamigi.*	2 45	10. O.
Foce del Tamigi *North Foreland.*	11 15	4. O.
Douvres.	10 50	4. O.
Il capo Dungeness.	10 30	6. O.
Portsmouth.	11 40	14. O.
Plymouth.	6 05	26. O.
L' isola Santa Maria. *Sorlinques.*	4 30	34. O.
Bristol.	6 45	29. O.
Liverpool.	11 0	21. O.

IRLANDA.

Dublino.	9 45	35. O.
Waterford.	5 0	38. O.
Cork *Nella baia*	4 20	45. O.
La riviera Shannon. *La foce*	3 45	48. O.
Limerick.	6 0	44. O.

FINE.

INDICE

Fig 9
Fig 10
Fig 24
G
Fig 3
O
L
S
S'
A
D'
D
F
Z
K
d
a
c
C
H
v
A
g
h
f
G
H
F
a
A
T
E
e
B
D
b
C
d
c
Fig 19
P
H
S''
E
S
Z
S'
S
S'
h
O
N
e
M
p

Tav. 2